HANDBUCH DER WISSENSCHAFTLICHEN UND ANGEWANDTEN PHOTOGRAPHIE

HERAUSGEGEBEN VON

ALFRED HAY

BAND VII

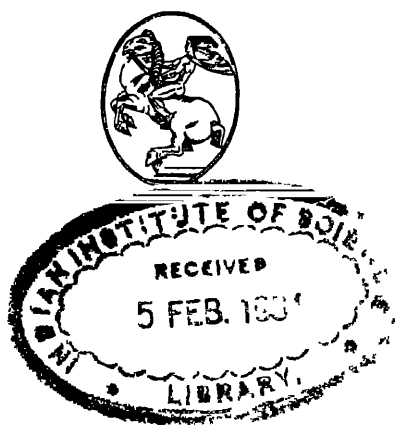
PHOTOGRAMMETRIE UND LUFTBILDWESEN

WIEN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER
1930

OTOGRAMMETRIE UND LUFTBILDWESEN

BEARBEITET VON

R. HUGERSHOFF

MIT 271 ABBILDUNGEN

WIEN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER
1930

Inhaltsverzeichnis

Photogrammetrie und Luftbildwesen

Von

R. Hugershoff, Dresden

Mit 271 Abbildungen

I. Geschichtliche Entwicklung des Verfahrens[1]

Die Photogrammetrie (Bildmeßkunst, Bildmessung) beschäftigt sich im entlichen mit der Aufgabe, aus den in photographischen Aufnahmen (Photommen, Meßbildern) festgelegten Zentralprojektionen eines räumlichen Geles bestimmte orthogonale Projektionen desselben, insbesondere Grund- und riß, oder auch nur einzelne Abmessungen des Gebildes zu ermitteln

Das Verfahren hierzu ist verhaltnismäßig einfach, wenn die Aufnahmen festen Standpunkten vorgenommen werden (terrestrische Photogramrie), da hier die Aufnahmekammer (Meßkammer) in eine spezielle Lage zur linie gebracht und im übrigen ihre Stellung im Raum durch unmittelbare sungen bestimmt werden kann Bei Aufnahmen von bewegten Standkten aus (Aerophotogrammetrie, Luftbildmessung) wird die Rekonstruktion Objektes schwieriger, da hier eine spezielle, das Rekonstruktionsverfahren infachende Orientierung der Kammer zur Lotlinie nicht eingehalten werden n und die somit zufallige Orientierung sowie der Standpunkt der Aufnahmen allgemeinen nicht durch unmittelbare Messungen bestimmbar sind

Da die Meßbilder unter gewissen Voraussetzungen exakte Perspektiven dargestellten Gebildes sind, so leiten sich die Grundregeln ihrer Auswertung den Gesetzen der Perspektive ab Diese Grundregeln sind im gewissen Sinne Umkehrung der Perspektive und, wenn auch nur vereinzelt, bereits lange Erfindung der Photographie zur Anwendung gekommen So hat z B der weizer M A CAPPELER[2] im Jahre 1726 eine Karte des Pilatusstockes am rwaldstattersee konstruiert und dazu berichtet, daß er „solche Carte durch f zweyer prospectus, die in gar wenig Zeit konnen gemacht werden, zu wegen racht"

Die Regeln von der Umkehrung der Perspektive erstmalig zusammengend dargestellt und begrundet zu haben, ist das Verdienst J H LAMBERTS[3] 9), von dessen Theorien der franzosische Hydrograph BEAUTEMPS-BEAUPRÉ rauch machte zur Rekonstruktion seiner ebenfalls freihändig aufgenommenen

---

[1] Vgl auch E DOLEŽAL, Int Arch f Photogramm 4, 1913/14, S 165

[2] Mitt z Gesch d Med u Naturwiss, 7, 1908, S 142 und Int Arch f Photonm 3, 1913, S 289

[3] J H LAMBERT, Freye Perspektive, 8 Abschnitt, Bd 1, S 176 bis 206, Zürich)

perspektivischen Skizzen der Ufer von Vandiemensland (Tasmanien) und der Insel Santa Cruz (1791) Eine ausgedehnte praktische Verwertung derartiger Freihandskizzen wurde allerdings verhindert durch die mit ihrer Herstellung notwendig verbundene Ungenauigkeit, die bereits von DÜRER[1] um 1525 zur genaueren Zeichnung von Perspektiven angegebenen Hilfsmittel (s Abb 1) waren anscheinend in Vergessenheit geraten Dagegen bediente sich eines solchen Hilfsmittels in neuerer Form, namlich des WOLLASTONschen Prismas (der „Camera lucida"), zuerst der französische Offizier AIMÉ LAUSSEDAT, 1851 Er war auch der erste, der um die gleiche Zeit praktische Versuche machte, die in der Camera obscura von seinen beiden berühmten Landsleuten NIEPCE und DAGUERRE erzeugten photographischen Bilder insbesondere der topographischen Verwendung zuzufuhren Mit ungewöhnlicher Energie arbeitete LAUSSEDAT, der mit Recht als der Begrunder der Photogrammetrie[2] im eigentlichen Sinne angesehen wird, an dem Ausbau der neuen Methode, er baute 1859 die erste Spezialkammer fur die topographische Photogrammetrie und bewies die Eignung der Methode durch eine Reihe recht genauer Pläne,[3] deren ersten er 1861 herstellte Seit 1866 bemühte er sich auch um die topographische Verwertung von Luftbildern, deren erstes 1858 von G F TOURNACHON, genannt NADAR, vom Fesselballon aus aufgenommen wurde

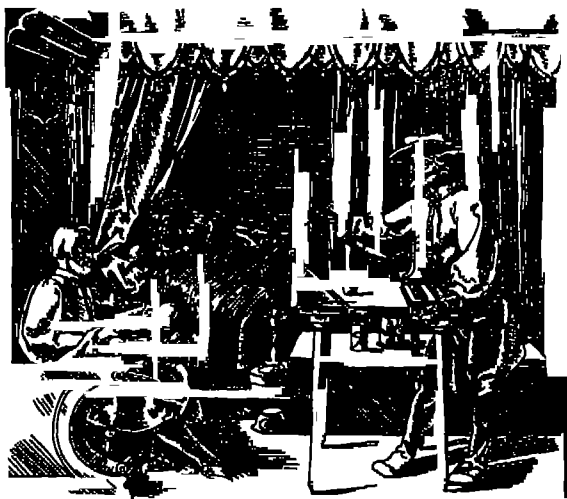



Abb 1 Hilfsmittel zum Entwerfen einer Perspektive nach A DÜRER

LAUSSEDATS Arbeiten wirkten überaus anregend So wurden 1862 im amerikanischen Burgerkrieg zum ersten Male an Hand von Photographien vom Ballon aus Operationen gegen den Feind geleitet[4] und 1865 verwendeten PUJO und FOURCADE erstmalig in Frankreich Aufnahmen mit geneigter Kammer

Zunächst unabhangig von LAUSSEDAT beschaftigte sich in Deutschland seit 1858 A MEYDENBAUER, der spatere Begrunder (1883) der Preußischen Meßbildanstalt, mit photogrammetrischen Problemen, allerdings fast ausschließlich und mit besonderem Erfolge mit ihrer Anwendung auf Architekturaufnahmen 1873 konstruierte W JORDAN, Professor an der Technischen Hochschule Hannover, auf Grund eigener photogrammetrischer Aufnahmen einen

[1] A DÜRER, Underweysung der Messung mit Zirkel und Richtscheyt usw , Nürnberg 1525, vgl auch M v ROHR, ZS f I 25, 1905, S 61

[2] Die Bezeichnung „Photogrammetrie" wurde zuerst öffentlich angewandt von W JORDAN, ZS f Verm , 5, 1876, S 17 LAUSSEDAT selbst gebrauchte das Wort Metrophotographie

[3] E DOLEŽAL, Int Arch f Photogramm 1, 1908, S 4ff, J M TORROJA, Int Arch f Photogramm 2, 1911, S 249

[4] PIZZIGHELLI, Hdb d Phot , Bd 3, Halle a S 1892, S 212ff

Plan der Oase Dachel[1] und wenig später (1875) begann in Italien, begünstigt durch das für die topographische Anwendung der Photogrammetrie besonders geeignete Gebirgsgelände, der Oberleutnant M. MANZI mit der Herstellung der ersten Gletscherkarte[2] (Bartgletscher am Mont Cenis), zu besonderer Blüte wurde hier das Verfahren, dessen Anwendung im Gebirgsland durch die zunächst gebrauchten nassen Kollodiumplatten bisher sehr erschwert war, seit 1879 durch den Ingenieurgeographen P. PAGANINI gebracht, der schon in der Lage war, Trockenplatten zu benutzen. PAGANINI konstruierte (1884) den ersten eigentlichen Phototheodolit (mit neigbarer Kammer) und gab die ersten mechanischen Hilfsmittel[3] an zur Vereinfachung der Rekonstruktion. 1877 führte in Schweden H. HILDEBRANDSSON die erste photogrammetrische Bestimmung von Wolkenhöhen und Luftströmungen aus, Professor G. DE GEER machte 1882 in Spitzbergen ebenfalls Gletscheraufnahmen, deren sich dann bald darauf (1888) in Deutschland S. FINSTERWALDER besonders annahm.

1883 gab G. HAUCK in einer wertvollen Abhandlung[4] einen Satz an, nach dem sich aus zwei beliebigen Projektionen eines Gegenstandes irgend eine dritte Projektion desselben ableiten läßt, der Satz läßt sich also auch auf die Aufgabe der Photogrammetrie anwenden und ergibt aus zwei Meßbildern eine orthogonale Projektion (Grundriß oder Aufriß) des betreffenden Objekts. Im Anschluß hieran entwickelte HAUCK sogar das Prinzip eines Apparates, der seinen Satz mechanisch realisierte.[5] Wenn dieser Apparat aus verschiedenen Gründen eine praktische Bedeutung auch nicht erlangen konnte, so stellt er doch das erste Gerät dar, mit dem man unter gewissen Bedingungen aus zwei Photogrammen der Oberfläche eines beliebigen Körpers beliebige Kurven auf dieser Oberfläche unmittelbar und kontinuierlich ermitteln kann. Diesem von ihm wenigstens theoretisch erreichten Ziel legte HAUCK mit Recht größte Bedeutung bei: „Erst hierdurch durfte die Photogrammetrie volle Leistungsfähigkeit gewinnen."

C. KOPPE, Professor an der Technischen Hochschule Braunschweig, der sich seit 1888 mit der Photogrammetrie beschäftigte, ist neben einer Reihe von Formelentwicklungen vor allem eine besondere Methode[6] der Winkelentnahme aus Meßbildern, unabhängig von den Verzeichnungsfehlern des Aufnahmeobjektivs, zu verdanken. Die Methode entstand in Anlehnung an ein von C. F. GAUSS angewandtes Verfahren zur Messung von Fadendistanzen durch das Objektiv des Fernrohres hindurch.[7] KOPPE hat auch anregend auf die Entwicklung der photogrammetrischen Methode zur geographischen Orts- und Zeitbestimmung gewirkt, er schrieb 1889 das erste deutsche Lehrbuch[8] der Photogrammetrie, dem 1892 der österreichische Professor FR. SCHIFFNER,[9] 1893 Professor FR. STEINER[10] in Prag und endlich 1896 der durch seine publizistische Tätigkeit und

---

[1] EGGERT-JORDAN, Hdb. d. Vermessungskde., Bd. 2, Stuttgart 1914, S. 840ff.

[2] M. WEISS, Die geschichtliche Entwicklung d. Photogrammetrie und die Begründung ihrer Verwendbarkeit f. Meß- und Konstruktionszwecke, Stuttgart 1913, S. 8.

[3] F. SCHIFFNER, Die photographische Meßkunst, Halle a. S. 1892, S. 103ff.

[4] G. HAUCK, Journ. f. d. reine u. angewandte Math. 95, 1883, S. 13.

[5] G. HAUCK, Mein perspektivischer Apparat in Festschrift der Kgl. Techn. Hochschule zu Berlin 1884.

[6] C. KOPPE, Photogrammetrie u. intern. Wolkenmessung. Braunschweig 1896.

[7] Einen ähnlichen, inzwischen aber in Vergessenheit geratenen Vorschlag hatte der italienische Professor PORRO gemacht, vgl. E. DOLEŽAL, Der Mechaniker 10, 1902, Nr. 6 und 7.

[8] E. KOPPE, Die Photogrammetrie oder Bildmeßkunst, Weimar 1889.

[9] FR. SCHIFFNER, Die photographische Meßkunst oder Photogrammetrie, Bildmeßkunst, Phototopographie, Halle a. S. 1892.

[10] FR. STEINER, Die Photographie im Dienste des Ingenieurs, Wien 1893.

als Begründer (1905) der Internationalen Gesellschaft fur Photogrammetr hochverdiente Professor E DOLEŽAL[1] in Wien weitere wertvolle Einführunge folgen ließen

Nachdem der Ingenieur V POLLACK bereits seit 1890 der Photogrammetr in Österreich und besonders in dem unter Leitung des damaligen Oberste v HÜBL stehenden Militärgeographischen Institut Eingang verschafft hatt fand sie dort zunächst in dem ideenreichen Hauptmann TH SCHEIMPFLU einen verdienstvollen Vertreter, dem insbesondere die Photogrammetrie vc bewegten Standpunkten aus wertvollste Anregungen verdankt Bereits 18 veröffentlichte er das vollständige Konstruktionsprinzip eines sehr originelle Kartierungsgerates, des Doppelprojektors,[2] der fur einen Spezialfall der Phot grammetrie, namlich den mit senkrecht nach unten gerichteter Kammer, ei kontinuierliche Rekonstruktion des Objekts, und zwar auf rein optischem We ermöglichte Verschiedene spatere Konstruktionen zeigen engste Anlehnung a diese SCHEIMPFLUGsche Erfindung[3] Gewisse Mangel bei dieser Lösung d Problems gaben SCHEIMPFLUG den Anlaß zur Konstruktion seines „Perspekt graphen",[4] der die Grundlage bildet für sämtliche heute verwendeten sogenannte Entzerrungsgerate zur photographischen Transformation einer Perspekti in eine andere Das Gerät sollte vor allem zur Umformung der mit Mehrfac kammern erhaltenen Aufnahmen dienen, wie solche seit 1900 von dem russische Ingenieur R THIELE gebaut und zunachst an Drachen, spater an kleinen Fesse ballonen hochgebracht wurden SCHEIMPFLUG hat auch als erster ein brauc bares Verfahren zur luftphotogrammetrischen Verdichtung eines weitmaschige Triangulationsnetzes, die sogenannte „Nadirpunkttriangulation" angegeber Um die gleiche Zeit (1909) stellte der italienische Genieoffizier C TARDI den ersten Luftbildplan aus Flugzeug-Senkrechtaufnahmen her[6]

Inzwischen hatten auch Nordamerikanische Vermessungsbehorden Ve suche mit dem photogrammetrischen Verfahren angestellt Der kanadisc Topograph E DEVILLE veroffentlichte 1895 seine Erfahrungen in einem au gezeichneten Lehrbuch,[7] in dem er auch wertvolle Hilfsmittel für die graphisc Auswertung der Meßbilder angab, er war einer der ersten (1902), die sich mit d stereoskopischen Auswertung von Meßbildpaaren beschäftigten[8] Sein die bezüglicher Vorschlag ist grundlegend gewesen fur die meisten der heute ve wendeten Geräte zur Ausmessung von stereoskopischen Röntgenaufnahme

Die uberhaupt erste Anregung zur stereoskopischen Ausmessung von Bil paaren gab F STOLZE[9] 1893 Auf seinem von ihm vorgeschlagenen, zunach

[1] E DOLEŽAL, Die Anwendung der Photographie in d prakt Meßkunst, Halle a 1896 (und 1900)

[2] TH SCHEIMPFLUG, Phot Corr 1898, S 114ff (Vortrag, geh a d Natu forscherversammlung zu Braunschweig 1897)

[3] M GASSER, D R P Nr 306384 u 306385 (1915), ferner NISTRIS (Ro Photokartograph, BOYKOWS (Berlin) Triangulator Vgl auch WINTERBOTHAM, T Royal Eng Journ, London, März 1924 In Verbindung mit binokularer Betrachtun verwenden das SCHEIMPFLUGsche Prinzip auch BAUERSFELDS Stereoplanigraph u HUGERSHOFFS Aerosimplex

[4] TH SCHEIMPFLUG, Phot Korr 1906, S 516

[5] TH SCHEIMPFLUG, D R P Nr 228590 vom 14 Aug 1909

[6] C TARDIVO, Topofotografia Aerea, Int Arch f Photogramm 4, 1913/1 S 180, und Taf VI

[7] E DEVILLE, Photographic Surveying including the elements of descripti Geometry and Perspective, Ottawa 1895

[8] DERSELBE, Transact of the Royal Soc of Canada, 1902/03

[9] F STOLZE, Die photographische Ortsbestimmung ohne Chronometer und

rimitiven Stereomikrometer beruht die Konstruktion der heutigen Stereo-omparatoren, in denen die gleichzeitige Betrachtung bzw Ausmessung er Teilbilder eines Paares mittels binokularer Mikroskope vorgenommen ird

Solche Geräte konstruierten fast gleichzeitig (1901) und unabhangig von-inander H G FOURCADE[1] in Kapstadt und C PULFRICH[2] in Jena Die für iese Geräte besonders geeignete Aufnahmemethode wurde in Deutschland von 'ULFRICH[3] in Gemeinschaft mit dem Vermessungsdirigenten SELIGER, in Öster-eich von dem Leiter des militärgeographischen Institutes v HÜBL[4] ausgebildet Inter den Mitarbeitern v HÜBLS erwarb sich der damalige Oberleutnant E v 'REL ein außerordentliches Verdienst dadurch, daß er (1908) einen Apparat[5] onstruierte, der in Verbindung mit dem Stereokomparator die in diesem ein-estellten Punkte mechanisch und selbsttätig nach ihrer Orthogonalprojektion uf ein Zeichenblatt übertrug Ein ähnliches Gerat hatte zwar bereits 1907 er englische Leutnant V THOMPSON[6] gebaut, wahrend dieses aber nur eine unktweise Übertragung ermöglichte, ließen sich bereits mit dem zweiten 1909 on der Firma CARL ZEISS gebauten Modell des v ORELschen Gerätes beliebige ituationslinien und insbesondere Schichtenlinien automatisch-kontinuierlich eichnen Um die Weiterentwicklung dieses Gerätes, das das von HAUCK an-estrebte Ziel zuerst praktisch erreichte, hat sich C PULFRICH besondere erdienste erworben

Wahrend der v ORELsche „Stereoautograph" im wesentlichen nur zur ekonstruktion des Objektes aus Normalstereogrammen, also paarweisen Auf-ahmen von festen Standpunkten aus, geeignet ist, löst der 1918 von R HUGERS-OFF[7] angegebene Autokartograph zuerst das allgemeine Problem der Photo-rammetrie auf mechanisch-automatischem Wege Dieses Instrument und die 926 erschienene neue Ausführungsform[8] desselben, der Aerokartograph, beide on G HEYDE in Dresden gebaut, gestatten daher die selbsttätig-kontinuierliche artierung nach beliebig im Raum orientierten Meßbildern, also insbesondere uch nach Luftmeßbildern Die gleiche Aufgabe löste 1923 C BAUERSFELD uf anderem Wege mit dem bei CARL ZEISS in Jena gebauten Stereoplani-raphen [9]

Die bei Luftmeßbildern im allgemeinen nur mittelbar mögliche Bestimmung er äußeren Orientierung der Meßbilder kann auf graphischem, rechnerischem der — bei Verwendung der zuletzt genannten Instrumente — rein mechanisch-ptischem Wege geschehen Fur diese Verfahren haben S FINSTERWALDER,[10]

erbindung d dadurch bestimmten Punkte untereinander Photogr Bibliothek, d 1, Berlin 1893

[1] H G FOURCADE, Transact of the South African Phil Soc 14, 1903, Part 1

[2] C PULFRICH, ZS f I 22, 1902, S 43

[3] C PULFRICH, ZS f I 23, 1903, S 65ff, ferner ebenda, 24, 1904, S 53

[4] A v HÜBL, Mitt d Militärgeogr Inst, Wien, 22, 1903, 23, 1904, 4, 1905

[5] E v OREL, Mitt d Militärgeogr Inst, Wien, 30, 1911

[6] V THOMPSON, The Geogr Journ, London, Mai 1908 Vgl auch Int Arch f hotogramm 3, 1912, S 130ff

[7] R HUGERSHOFF, Geogr Anz 21, 1920, S 1, H KREBS, ZS f Feinmech), 1922, S 37

[8] R HUGERSHOFF, Vorträge, gehalten a d Hauptvers (1926) d Int Gesell-haft f Photogrammetrie, Berlin 1927, S 199

[9] O v GRUBER, ZS f I 43, 1923, S 1

[10] S FINSTERWALDER, Jahresber d Deutsch Math Vereinig 6, 1897, S 22

K. Fuchs,[1] R. Hugershoff[2] und O. v. Gruber[3] grundlegende Vorarbeite geleistet. Mit Hilfe der zuletzt erwähnten photogrammetrischen Universal instrumente ist eine rationelle Verwertung beliebig gerichteter Aufnahmen auc in der terrestrischen Photogrammetrie möglich geworden. Die Notwendigkei zur Einhaltung spezieller Aufnahmebedingungen ist also entfallen, eine Not wendigkeit, durch welche die Feldarbeit oft wesentlich vermehrt und dami die Wirtschaftlichkeit der Methode nicht selten in Frage gestellt wurde. Mi dieser Einführung des allgemeinen Falles in die terrestrische Photogrammetri ist aber auch die bisher gebräuchliche Gliederung der Bildmessung in terrestrisch Photogrammetrie und Luftbildmessung hinfällig geworden.

II. Anwendungsgebiete und Vorzüge des photogrammetrischen Verfahrens

Die Photogrammetrie dient zunächst und vorwiegend einem geodätischer Zwecke, nämlich der Herstellung von Schichtenplänen und topographischer Karten, wobei die erforderlichen Aufnahmen für große und mittlere Planmaßstäbe (1 : 250 bis 1 : 5000, technische Pläne) meist von festen Standpunkten bisweilen aber mit Vorteil auch von Luftstandpunkten aus vorgenommen werden, während für mittlere und kleine Kartenmaßstäbe (1 : 5000 bis 1 : 50000, von der allgemeinen Wirtschaftskarte bis zu kolonialtopographischen Kartierungen) heute im allgemeinen fast nur Aufnahmen von Luftstandpunkten aus in Frage kommen.[4]

Ein besonderer Vorzug des photogrammetrischen Verfahrens ganz allgemein und der Luftbildmessung im besonderen gegenüber den üblichen topographischen Aufnahmemethoden liegt in der wesentlichen Verkürzung der für die Feldarbeiten aufzuwendenden Zeit. Dieser Vorzug wirkt sich zunächst — trotz der erforderlichen verhältnismäßig teueren instrumentellen Hilfsmittel — wenigstens bei umfangreichen Vermessungsaufgaben in einer Steigerung der Wirtschaftlichkeit[5] der Kartenherstellung aus, zumal phototopographische Arbeiten im allgemeinen auch mit einem geringeren Personalbestand als bisher durchgeführt werden können. Der Umstand, daß ein großes Gebiet insbesondere von Luftstandpunkten aus in sehr kurzer Zeit aufgenommen werden kann, hat den weiteren Vorteil, daß ein aus solchem Material gewonnenes topographisches Kartenwerk den Zustand eines Landes geradezu in einem bestimmten Zeitpunkt wiedergibt. Das ist von unmittelbarer Bedeutung für Gebiete, in denen gewisse Einzelheiten raschen Veränderungen unterworfen sind, sei es als Folge wirtschaftlicher Maßnahmen, wie in Industriegebieten, oder physikalischer Vorgänge, wie etwa in Flußniederungen. Aber auch die Dauer der zur Ausarbeitung der Bilder benötigten Zimmerarbeiten wird bei der heute praktisch allein noch in Betracht kommenden automatischen Kartierung wesentlich eingeschränkt. Dabei gewährt die automatische Methode, und das ist ein weiterer besonderer Vorzug, nicht nur eine hohe allgemeine Genauigkeit[6] wegen der in ihr liegenden

[1] K. Fuchs, Int. Arch. f. Photogramm. 1908/10, S. 112, 201, 250.
[2] R. Hugershoff und H. Cranz, Grundlagen d. Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen, Stuttgart 1919.
[3] O. v. Gruber, Einfache und Doppelpunkteinschaltung im Raum. Jena 1924.
[4] R. Hugershoff, Düsseldorfer Geogr. Vorträge u. Erörterungen, Breslau 1927, S. 15.
[5] Fr. Seidel, Mitt. d. Reichsamts f. Landesaufn., Sonderheft 7, Berlin 1928.
[6] Vgl. S. 211ff.

ıtgehenden Ausschaltung persönlicher Fehler, sondern sie gestattet auch die hichtendarstellung mit einer Formentreue,[1] wie sie mit dem bei der üblichen restrischen Topographie gebräuchlichen Interpolationsverfahren praktisch əmals zu erreichen ist Außerdem aber macht die maschinelle Kartierung in hem Maße unabhängig von der zufälligen persönlichen Geschicklichkeit des veiligen Zeichners, so daß das Gesamtresultat einen völlig einheitlichen ıarakter trägt Zu all dem kommt noch der Vorteil, daß die Plandarstellung Hand der Originalaufnahmen jederzeit einer Nachprüfung bzw gegebenenls einer Neubearbeitung unterzogen werden kann [2]

Es unterliegt heute keinem Zweifel mehr, daß die photogrammetrische əthode zum mindesten eine wesentliche Ergänzung der bisher vorhandenen əographischen Aufnahmemethoden darstellt, in vielen Fällen erweist sie sich əsen Methoden gegenüber als überlegen und sie ist sogar völlig unentbehrlich, nn es sich um die topographische Darstellung eines Geländes handelt, das gen seiner Beschaffenheit (z B Steilküsten, vgl S 147), seines Klimas oder s militärischen Gründen unzugänglich ist

Im einzelnen hat sich das phototopographische Verfahren bereits hervorragend vährt zur Kartenkontrolle und Kartenergänzung,[3] bei der Beschaffung der messungstechnischen Grundlagen (für Vorarbeiten in kleineren und für die dgültige Durchführung in größeren Maßstäben) zu bautechnischen Maßnahmen schiedenster Art[4], z B Eisenbahn-[5] und Straßenbauten, vor allem in Kololgebieten,[6] Kanalanlagen, Talsperrenprojekten, Flußregulierungen, Uferıutzbauten und Wildbachverbauungen [7] Die Methode fand weiter vorteilfte Verwendung zur Grundbuchvermessung (Katasteraufnahme),[8] bei der rstellung der allgemeinen (deutschen) Wirtschaftskarte (topographische undkarte),[9] von Stadterweiterungsplänen,[10] zur Vermessung von Gruben im gbau[11] und von Steinbrüchen, insbesondere zum Zwecke der fortlaufenden ststellung der geförderten Massen Auch in der Landwirtschaft[12] (Beschaffung Unterlagen zu Bewässerungs- und Entwässerungsanlagen auf Grund von Luftdaufnahmen in Verbindung mit terrestrischen Einwägungen[13]) und in der Forst-

[1] E v OREL, Mitt d k u k Militärgeogr Inst Wien, 31, 1911, S 152 — KORZER, ebenda 33, 1914, S 103

[2] P CORBIN, Rev générale des Scienc 25, 1914, Paris, S 223

[3] FR v GÖSSNITZ, Ill Flugwoche 5, 1923, S 56 FR SEIDEL, Mitt d Reichsts f Landesaufn 3, 1928/29, S 130

[4] S FINSTERWALDER, Vorträge, geh a d 2 Hauptvers d Intern Ges f Phot 26, Berlin 1927, S 10, K KETTER, Vermessungstechn Rundsch 4, 1927, Berlin

[5] S TRUCK, ZS f Verm 35, 1906, S 313

[6] K SLAWIK, Allg Verm Nachr 40, 1928, S 553

[7] O v GRUBER, ZS d Ver deutsch Ing 67, 1923, S 893, H LÜSCHER, Die ısserkraft 1925, S 390

[8] J BALTENSPERGER, Die Phot als Aufnahmeverfahren d schweiz Grundbuchmess, Sammlung v Ref Brugg, Effingerhof A-G, 1926, M SCHOBER, Bildmess Luftbildwes 3, 1928, S 39, P GORLT, Allg Vermess Nachr 41, 1929, S 225

[9] FR SEIDEL, Mitt d Reichsamts f Landesaufn, Sonderh 7, Berlin 1928

[10] E EWALD, Das Luftbild im Dienste d Städtebaues u Siedlungswesens Berlin '2, N LORKE, Bildmess u Luftbildwes 1, 1926, S 16, K GURTLER, Mitt d ftbild G m b H -Stereographik G m b H 1, 1925, S 1, K SLAWIK, ZS f apolitik, München 1927/28, H 7, S 152, DERSELBE, „Luftwacht“ 1928, Ausdungsheft

[11] O v GRUBER, „Die Braunkohle“, Halle 1925, S 294

[12] W BASSE, ZS d deutsch kulturtechn Gesellsch 30, 1927, S 116

[13] H LÜSCHER, ZS f Verm 55, 1926, S 193

wirtschaft[1] findet die Planbeschaffung auf photogrammetrischem Wege immer mehr Eingang In der Forstwirtschaft im besonderen wurde das luftphotogrammetrische Verfahren erfolgreich nicht nur zur Herstellung von Bestandes- und Wirtschaftskarten und Festlegung von Schädengrenzen, sondern versuchsweise auch zur Bestimmung der Holzmassen benutzt [2] Das hierbei angewandte aussichtsreiche Verfahren hat große Bedeutung für die wirtschaftliche Erschließung forstlichen Neulandes

In das Gebiet der technischen Topographie gehört noch die anders als luftphotogrammetrisch praktisch kaum durchführbare Aufnahme der Grenzen des Hoch- und Niedrigwassers an Staubecken, Seen und Flußläufen und die kartographische Festlegung von Untiefen und sonstigen Schiffahrtshindernissen unterhalb des Wasserspiegels Darauf, daß die Photogrammetrie dem Forschungsreisenden ein wertvolles Hilfsmittel bietet, wurde schon oben (S 3 und S 7) hingewiesen, über derartige Arbeiten ist auch später wiederholt berichtet worden

Außer für Geländeaufnahmen, zu denen die Spezialaufnahmen von Gletschern (s S 3) und Kratern[4] gezählt werden können, findet die photogrammetrische Methode (und zwar hier im allgemeinen von festen Standpunkten aus) Verwendung zur geographischen Ortsbestimmung (s S 34), bei Architekturaufnahmen (s S 10 und S 26) insbesondere zur Denkmalpflege,[5] zu kriminalpolizeilichen Tatbestandsaufnahmen (s S 16), zur Ausmessung von Röntgenstereogrammen (S 62), zu Modellaufnahmen, z B von Maschinen, Schiffen und Versuchen in Flußbaulaboratorien[6] (vgl auch S 30) Besonders interessante und durch andere Methoden nicht erreichbare Ergebnisse brachte die Anwendung der Photogrammetrie auf Messungen an bewegten oder rasch veränderlichen Objekten Hierher gehören die Körpermessungen an lebenden Wesen,[7] die Messung von Schwingungen und Deformationen von Bauwerken unter wechselnder Belastung,[8] die Darstellung räumlicher Strömungserscheinungen,[9] die Lösung ballistischer Aufgaben (Anfangsgeschwindigkeiten, Bahn, Schußweite, Rohrrücklauf)[10] (vgl auch S 132 und S 141), endlich Messungen an Nordlichtern,[11] Wolken[12] (vgl auch S 47 und S 132ff und 139) und Wellen [13]

[1] K Slawik, Luftbild u Luftbildmess als Hilfsmittel f d Forsteinrichtung Aerokart Institut Breslau, o J 1927, Derselbe, Allg Verm Nachr 41, 1929, S 198

[2] H Krutzsch, Forstl Jahrb Tharandt, 76, 1925, S 97, A Weissker, Allg Forst- u Jagd Zeitung, Frankfurt 1927, S 335, E Zieger, Mitt a d Sächs forstl Versuchsanstalt zu Tharandt, 3, 1928, S 97

[3] I Tschamler, Mitt d k k Geogr Gesellsch, Wien, 1911, M Weiss, Verh d deutsch Kolonialkongr 1910, S 52, O v Gruber, Int Arch f Photogrammetrie 6, 1919/23, S 156

[4] Aufnahme d Kraters vom Tang Koeban Prahoe auf Java durch H Lüscher Vgl Jaarverlag v d topogr Dienst in Nederlandsch Indie 19, 1924, S 81

[5] E Doležal, Int Arch f Photogramm 1, 1908, S 45, Derselbe, Int Arch f Photogramm 2, 1911, S 286

[6] O Lacmann, Zentralbl d Bauverwaltung, Berlin 1919

[7] E Liebenau, Mitt d deutschen landwirtsch Gesellsch 20, 1905, S 130, K Gürtler, Bildmess u Luftbildwes 3, 1928, S 18

[8] Fr Steiner, Die Photographie im Dienste d Ingenieurs Wien 1893, A Buchholtz, Bildmess u Luftbildwes 1, 1926, S 12

[9] R Katzmayr, Arch f Photogramm 4, 1913/14, S 42

[10] C Cranz, Lehrb d Ballistik Bd III, herausgeg von C Cranz u K Becker, Leipzig 1913, L Gunther, Verh d Ver f Beförd d Gewerbefleiß, Berlin, 1913, H v Cles, Int Arch f Photogramm 6, 1915, S 7, K Becker, Heerestechn 2, 1924, S 93, A Buchholtz, Bildmess u Luftbildwes 1, 1926, S 61

[11] K Stormer, Int Arch f Photogramm 3, 1912, S 32

[12] K Stormer, Meteor ZS 45, 1928, S 156

[13] E Kohlschütter, Stereoph Arbeiten, Wellen u Küstenaufn, in Forschungs

Über die spezielle Verwendung photogrammetrischer Verfahren im Kriege sind — neben einer Reihe von Aufsätzen in Fachzeitschriften — umfassende Darstellungen erschienen.[1] Auch auf die Bedeutung der Photogrammetrie als Hilfsmittel für den Unterricht[2] darf hier hingewiesen werden.

III. Rekonstruktion des Objektes aus einer Aufnahme

A. Aufnahme ebener und ebenflächiger Gebilde

1. Linienweise Rekonstruktion auf Grund perspektiver Beziehungen. Allgemeines. Unter der Voraussetzung, daß das Objektiv der Aufnahmekammer perspektivisch richtig abbildet, d. h. frei ist von Verzeichnungsfehlern,[3] ist das auf der Platte erhaltene Bild eine exakte Perspektive des dargestellten Objekts. Der Abstand des perspektivischen Zentrums — des hinteren (bildseitigen) Hauptpunktes des Objektivs — von der bildauffangenden Fläche wird Bildweite genannt. Der Fußpunkt des vom Objektivhauptpunkte auf die Bildebene gefällten Lotes heißt (Bild-)Hauptpunkt, das Lot selbst Achse der Perspektive oder optische Achse der Kammer. Im folgenden wird im allgemeinen die Verwendung von Meßbildern vorausgesetzt, das sind solche Aufnahmen, auf denen die Lage des Bildhauptpunktes irgendwie ersichtlich oder einwandfrei rekonstruierbar ist und bei denen die Bildweite bekannt sein soll. Lage des Bildhauptpunktes und Bildweite bestimmen theoretisch die „innere Orientierung" einer Aufnahme.[4] Eine durch die Kammerachse gelegte vertikale Ebene schneidet aus dem Meßbild die Hauptvertikale, eine durch den (hinteren) Hauptpunkt des Objektivs gelegte horizontale Ebene den Bildhorizont aus. Die durch den Bildhauptpunkt gezogene Parallele zum Bildhorizont heißt Haupthorizontale. Bei horizontaler Lage der Kammerachse fallen somit Bildhorizont und Haupthorizontale zusammen. Die Lage der letzteren bestimmt — gemeinsam mit der Neigung und Richtung der Kammerachse und der Lage des vorderen (objektseitigen) Objektivhauptpunktes im Raum — die „äußere Orientierung"[5] eines Meßbildes. Ebenso wie die Kenntnis der inneren Orientierung wird im folgenden zunächst auch die Kenntnis der äußeren Orientierung vorausgesetzt. Eine Behandlung des Problems ohne diese Voraussetzungen ist zwar theoretisch möglich,[6] doch kommt ihr keine praktische Bedeutung zu.[7] Zur leichteren Veranschaulichung soll weiter im allgemeinen statt der eigentlichen Bildebene (Negativebene) eine Ersatzbildebene (Positivebene) benutzt werden, die in bezug auf die Hauptebenen des Objektivs symmetrisch zur Negativebene liegt. Ferner soll im allgemeinen angenommen werden, daß die beiden Objektivhauptpunkte in einem

reise S. M. S. „Planet" 1906/07, Bd. 3, 1907, W. Laas, ZS. d. Ver. deutsch. Ing. 49, 1905, S. 1889ff.

[1] L. P. Clerc, Applications de la photographie aérienne, Paris 1920, A. H. Carlier, La phot. aérienne pendant la guerre. Paris 1921.

[2] P. Riebesell, Photogrammetrie in d. Schule, Leipzig 1914, K. Krause, Geogr. Anz. 20, 1919, S. 17, E. Ewald, Verh. d. 21. Deutsch. Geographentages Breslau, Berlin 1925, S. 212.

[3] Vgl. hiezu S. 108.

[4] Näheres hierüber s. S. 103.

[5] Vgl. hiezu S. 104 und S. 164.

[6] Vgl. z. B. F. Steiner, Die Photographie im Dienste d. Ingenieurs, Wien 1893.

[7] S. Finsterwalder, Jahresber. d. Deutsch. Math. Vereinig. 6, 1897, 2, S. 15 u. 40.

Punkt, dem optischen „Mittelpunkt“ des Objektivs zusammenfallen Abb zeigt die Negativ- und Positivebene für den Spezialfall der wagrechten Kamme achse Der Bildhauptpunkt der Aufnahme wird mit H, der Objektivmittelpun mit O und die Bildweite mit f bezeichnet Mit h—h bzw mit v—v sind die Abb dungen der in der Kammer angebrachten sogenannten „Meß-“ oder bess „Bildmarken“[1] bezeichnet Der Schnittpunkt ihrer in der Abbildung ang deuteten winkelrecht aufeinander stehenden Verbindungslinien definiert de Bildhauptpunkt[2] Wird durch besondere Einrichtungen (Libellen) an d Kammer dafür gesorgt, daß h—h wa recht ist, so ist diese letztere Linie d Haupthorizontale, v—v aber die Haup vertikale des Meßbildes Eine Objek strecke S ergibt auf der Negativ- bzw der Positivebene die Bildstrecke s

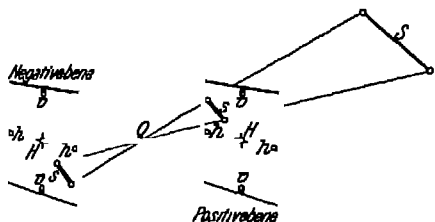



Abb 2 Beziehung zwischen Negativ und Positiv

Beispiel einer Rekonstruk tion Die Rekonstruktion eines Ob jektes nach Grund- und Aufriß wir besonders einfach, wenn es sich un ebenflächige Gebilde, als etwa um Architekturen handelt Hier genügt ge wöhnlich schon ein einzi ges Meßbild zur Rekon struktion, im Gegensatz zu Objekten mit beliebige Oberflächenform, für dere Rekonstruktion, wie au S 35 gezeigt wird, im all gemeinen mindestens zwe Meßbilder notwendig sind Die Vereinfachungen er geben sich aus den im wesentlichen senkrechten und wagrechten Begren zungslinien der Körperflä chen und aus dem Um stand, daß stets mehrere der Wagrechten winkel recht zueinander stehen

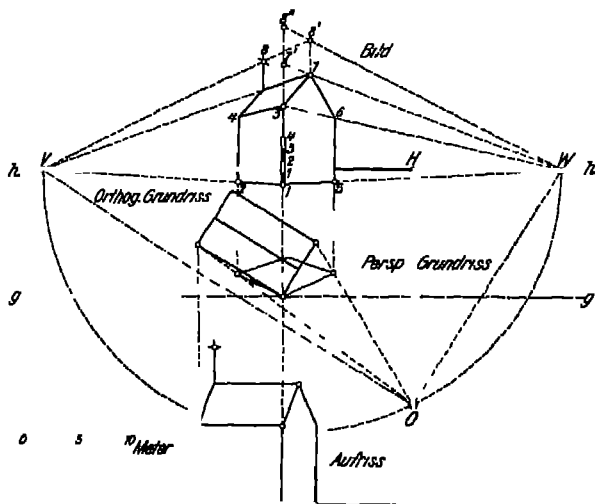



Abb 3 Rekonstruktion einer Architektur auf Grund perspektiver Beziehungen

Von den Elementen der äußeren Orientierung bedarf man, falls auf die Kenntnis des Maßstabes der Rekonstruktion verzichtet wird, grundsätzlich nur der Lage des Bildhorizontes, den man, wie das zweckmäßig ist, durch Vertikalstellung der Bildebene durch deren Hauptpunkt gehen läßt

Das hiernach anzuwendende Verfahren zeigt Abb 3, in der h—h die Haupthorizontale und damit zugleich der Horizont der gegebenen Perspektive des Hauses ist H sei der Bildhauptpunkt Denkt man sich die Horizontalebene durch den Objektivmittelpunkt O durch Drehung um h—h in die Bildebene umgelegt, so zeigt sich hier O selbst, wobei HO winkelrecht auf h—h steht und gleich der Bildweite f der Aufnahmekammer ist

[1] Vgl S 104

[2] Diese Definition gilt nur unter gewissen Voraussetzungen, vgl S 157

Irgendwelche parallele Geraden im Objektraum schneiden sich in einem
ndlich fernen Punkt, dem Verschwindungspunkt des Parallelenbüschels,
en die Parallelen horizontal, so liegt der Verschwindungspunkt im Horizont,
ı Bild also auf der Linie h—h Verlängert man daher im Bild die horizontalen
ıskanten 1—2 und 3—4, so werden sie sich in einem Punkte V schneiden,
auf h—h liegen muß (Zeichenkontrolle) Die im Raum ebenfalls parallelen
l horizontalen Hauskanten 1—5 und 3—6 ergeben in gleicher Weise als Per-
ktive ihres Verschwindungspunktes den Punkt W auf h—h Denkt man sich
ıt durch das Zentrum O der Perspektive eine Parallele z B zu der Dach-
te 3—4 gezogen, so muß diese ebenfalls durch den Verschwindungspunkt V
en, entsprechend muß auch eine durch O gezogene Parallele zu der Hauskante
5 den Punkt W passieren. Da nun OV bzw OW die Grundrisse der Richtungen
ır Hauskanten darstellen, diese aber erfahrungsgemäß winkelrecht zuein-
er stehen, so muß der Winkel VOW ein rechter Winkel sein (Zeichen-
trolle)

Zur Entwicklung des Grundrisses wahlt man eine Horizontalebene, die
ıckmäßig ziemlich tief unter dem Aufnahmehorizont angenommen wird
Schnittgerade (Spur) dieser Grundrißebene mit der Bildebene sei g—g
Aufrißebene kann jede beliebige Vertikalebene parallel zur Bildebene
wendung finden, beispielsweise diejenige, die durch die Hauskante
3 geht

Die Eckpunkte der Perspektive des Grundrisses in der gewählten
ındrißebene liegen offenbar in der Verlängerung der vertikalen Hauskanten
Seiten der perspektiven Grundrißfigur müssen mit ihren Verlängerungen
ler notwendig durch die entsprechenden Verschwindungspunkte gehen
perspektive Grundriß ist also ohne weiteres zu zeichnen Der eigentliche
hogonale Grundriß wird sichtbar durch Umklappen der Grundrißebene
lie Bildebene um die Spur g—g Die Eckpunkte der Grundrißfigur mussen
ei auf den von O aus durch die Ecken des perspektiven Grundrisses gehenden
lstrahlen liegen, im übrigen aber mussen die Seiten der Grundrißfigur
allel zu den Zielstrahlen OV bzw OW nach den entsprechenden Verschwin-
gspunkten sein

Für den Aufriß ergibt sich die Lage der vertikalen Hauskanten ohne
teres Hinsichtlich ihrer Länge erkennt man folgendes Da die Aufrißebene
ch die vertikale Hauskante 1—3 selbst gelegt wurde, so ist fur diese Kante
Größe im Aufriß gleich der Größe im Bilde Dabei ist allerdings der Maß-
›, in dem diese Hauskante (und naturlich auch der Grundriß) gezeichnet wurde,
h unbekannt Man findet ihn in der Praxis zweckmaßig dadurch, daß man
ırend der Aufnahme an der Hauskante 1—3 einen geeigneten Maßstab an-
.en laßt Die Höhe eines beliebigen anderen Punktes des Bauwerkes über dem
Nullpunkt angenommenen Punkt 1 findet man, indem man auf der Verlange-
g der Kante 1—3 denjenigen Punkt aufsucht, der mit dem gesuchten Punkt
gleicher Höhe, also auf einer horizontalen Geraden liegt Denkt man sich
ıpielsweise durch den Punkt 7, die Firstspitze, eine Wagrechte parallel zur
ındkante 1—5 gezogen, so geht diese Wagrechte im Bild durch den Ver-
windungspunkt W Die Verlangerung der Linie W—7 schneidet auf der Ver-
gerung der Kante 1—3 den Punkt 7′ aus, dessen Entfernung von 1, mit dem
fsmaßstab gemessen, die Höhe der Firstspitze 7 ergibt Die Blitzableiter-
ze 8 liegt in einer Vertikalebene durch die Firstspitze 7 Es stellt sonach 8′
ın Punkt dar, der die gleiche Höhe uber 1 hat wie die Blitzableiterspitze
ıst Der Punkt 8′ aber liegt wiederum in einer Vertikalebene durch die Haus-
ıte 1—3, so daß auch 8″ ebenso hoch uber 1 liegt, wie die Blitzableiterspitze,

diese Höhe aber kann nach dem oben Gesagten mit Hilfe des Maßstabes unmitt-
bar abgelesen werden[1]

2. Punktweise Rekonstruktion auf Grund perspektiver Beziehungen. A
gemeines Falls das photographisch dargestellte Objekt aus ebenen Linie
zügen besteht — in der Praxis wird es sich zumeist[2] um Uferlinien stehend
Gewässer oder um sonstige Situationslinien in völlig oder nahezu ebenem u
wagrechtem Gelände handeln — ergeben sich aus der perspektivischen Z
ordnung der Objektebene zur Bildebene besonders einfache Verfahren zur R
konstruktion der Objektlinien In dem (praktisch allerdings nur zufällig ei
tretenden) Sonderfall, daß die Bildebene streng parallel zur Objektebene i
(z B Luftaufnahmen mit vertikaler Kammerach
und wagrechtem Gelände) ist das Bild dem Obje
sogar geometrisch ähnlich, ergibt also unmittelb
das Objekt (die „Karte"), wobei der Objektmaßsta
— auch ohne Kenntnis der inneren Orientierur
der Kammer — aus dem Abstand zweier im Bil
wieder erkennbarer Objektpunkte folgt Im allg
meinen Falle (Bildebene beliebig geneigt gegen d
Objektebene) kommt man, ebenfalls ohne Kenntn
der inneren Orientierung und auch ohne Kenntnis d
äußeren Orientierung, zu einer zunächst punktweise
maßstablichen Rekonstruktion, wenn in der Objek
ebene (Abb 5) vier Punkte *ABCD* ihrer Lage nac
bekannt und die ihnen entsprechenden (identische
Punkte *abcd* (Abb 4) sich im Bilde angeben lassen

Abb 4 Richtungsentnahme

Abb 5 Richtungsübertragung

Vierpunktverfahren Für zwei perspektiv au
einander bezogene Ebenen gilt nämlich der Satz, da
das Doppelverhältnis von vier Strahlen einer Eben
gleich dem Doppelverhältnis der entsprechenden Strah
len in der anderen Ebene ist[3] Es schneiden also auc
die vier Bildstrahlen (Abb 4) und die ihnen entspre
chenden Objektstrahlen aus beliebigen Schnittgerade
je vier Punkte aus, denen je das gleiche Doppelver
hältnis zukommt Auf Grund dieses Satzes kann ma
mittels eines Papierstreifens das Doppelverhältnis fü
einen von der Bildebene in die Objektebene (Karte
einzuzeichnenden Strahl *ap* gegen drei gegebene Strah
len *ab*, *ac*, *ad* in die Karte übertragen Man markiert hierzu (Abb 4) di
Schnittpunkte dieser vier Strahlen an dem geradlinigen Rand des Streifen
und paßt diesen dann so in die Strahlen *AB*, *AC*, *AD* ein, daß entsprechend
Schnittpunkte auf entsprechende Strahlen zu liegen kommen Der Strahl *A* (z

[1] Weiteres über die Rekonstruktion von Architekturaufnahmen geben F STEINE
Die Photographie im Dienste des Ingenieurs, Wien 1893, F SCHILLING, Über die An
wendung d darstellenden Geometrie, insbes über die Photogrammetrie Leipzi
und Berlin 1904, E FEYER, Axonometrische Photogrammetrie, Festschrift d Tech
Hochsch Breslau Breslau 1927 Über die Praxis speziell der von d Preuß Meß
bildanstalt ausgef Architekturaufnahmen unterrichtet A MEYDENBAUER, Hand
buch d Meßbildkunst in Anwendung auf Baudenkmäler und Reiseaufnahmen
Halle a S 1912

[2] Über die künstliche Herstellung ebener Linienzüge an beliebig ausgeformte
Objekten s S 28 ff

[3] Vgl z B E FEYER, Bildmess u Luftbildwes 2, 1927, S 100

ibt dann einen geometrischen Ort für den Punkt P Abb 6 und Abb 7 zeigen, man hiernach auf Grund einer Wiederholung des Vorganges, etwa von der ke d bzw D aus, den Punkt P selbst durch eine Art „Vorwärtseinschneiden" dem Bild in die Karte übertragen kann

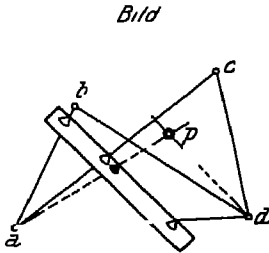



Abb 6 Punktfestlegung durch Richtungen

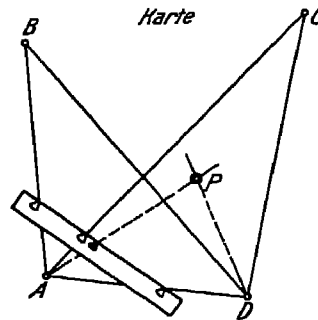



Abb 7 Punktübertragung durch Vorwärtseinschneiden

Allgemeines Bezugsnetz (MOEBIUS-Netz) Sind sehr viele Punkte der Bildebene in die Kartenebene zu ubertragen, so ergänzt man zweckmäßig Bildviereck $abcd$ (Abb 8) zunächst durch Ziehen der Diagonalen ac und bd, den Schnittpunkt m ergeben, und durch Ziehen der beliebigen Geraden xm l ym zu einem einfachen Netz Dem Diagonalenschnittpunkt m im Bild spricht der Diagonalenschnittpunkt M in der Karte (Abb 9) In ihr wird der ikt X nach dem in den Abb 4 und 5 dargestellten Verfahren durch Übertragung Strahlenrichtung aa aus dem Bild in die Karte gefunden Ebenso ergibt i der Kartenpunkt Y aus dem Bildpunkt y Mit Hilfe dieser Punkte lassen i dann die Maschen beiden Netze, ähnwie es die Abb 9a ;t, beliebig verklei-

8 Allgemeines Bezugsnetz im Bild

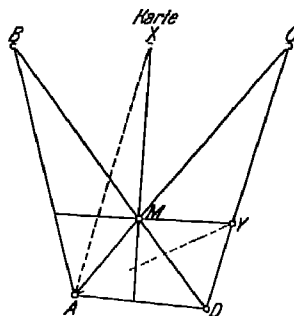



Abb 9 Übertragung des Netzes in die Karte

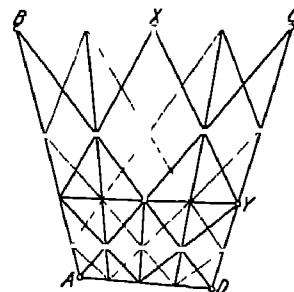



Abb 9a Netzverdichtung

n, so daß schließlich einzelne Punkte oder Linienelemente einfach nach ;enmaß aus dem Bild in die Karte ubertragen werden können

Regulare Bezugsnetze Falls innere und außere Orientierung der Aufime bekannt sind, wie wir das im allgemeinen ja zunachst voraussetzen, ist die Rekonstruktion der Objektlinien in vorgeschriebenem Maßstab ohne intnis der gegenseitigen Lage einzelner Objektpunkte moglich Die Rekon iktion erfolgt zweckmaßig wieder mit Hilfe von Netzen, denen man aber hier ; regelmaßige Form geben kann

Im allgemeinen denkt man sich hierzu die (gewöhnlich wagrechte) Objekt

ebene, z. B. den Spiegel eines Sees (Abb. 10) mit einem Quadratnetz, dessen Seiten etwa 100 m lang sein sollen, überdeckt und zwar so, daß die Quadratseiten parallel zur Haupthorizontalen h—h des Meßbildes (Abb. 11) bzw. parallel zur Richtung der Kammerachse sind. Bei einer Aufnahme des Sees in einer beliebigen Höhe über dem Spiegel desselben würden bei horizontaler Kammerachse alle Quadratseiten, die parallel zu dieser Achse sind, aus perspektiven Gründen auf den Hauptpunkt H konvergieren (Abb. 11), während die Abstände der der Haupthorizontalen parallelen Quadratseiten gegen H zu immer geringer werden. Diese Perspektive des Quadratnetzes ist an Hand eines Vertikalschnittes durch die Kammerachse leicht zu konstruieren. In Abb. 12 ist OH die Bildweite in natürlicher Größe, v—v die Bildspur bzw. die Hauptvertikale OO_0 sei (im gewünschten Maßstab des Lageplanes) die Höhe des Kammerobjektivs über dem Seespiegel O_0S. Teilt man nun von S aus, dem Schnittpunkt von Hauptvertikale und Seespiegel, die Spur des Spiegels in gleiche Teile von z. B. 100 m Länge (wieder im gewünschten Maßstab des Lageplanes), so schneiden die Verbindungslinien von O mit den Teilpunkten $d\ c\ b\ a\ S\ \alpha\ \beta\ \gamma\ \delta$ die entsprechenden Punkte $d'\ c'\ b'\ a'\ S\ \alpha'\ \beta'\ \gamma'\ \delta'$ auf der Hauptvertikalen v—v aus. Die Abstände dieser letzteren Punkte vom Hauptpunkt H überträgt man auf die Hauptvertikale im Meßbild (Abb. 11) und zieht durch die so erhaltenen Punkte Parallele zu h—h. Die Konstruktion der konvergierenden Linien ergibt sich aus dem Umstand, daß die durch S gezogene Parallele zu h—h sowohl der Bildebene als der Kartenebene angehört. Die auf dieser Parallelen liegenden Quadratseiten haben also die angenommene Länge von 100 m im gewählten Zeichnungsmaßstab. Durch Verbindung der so gefundenen Punkte I, II

Abb. 10. Reguläres Kartennetz

Abb. 11. Perspektive des regulären Kartennetzes

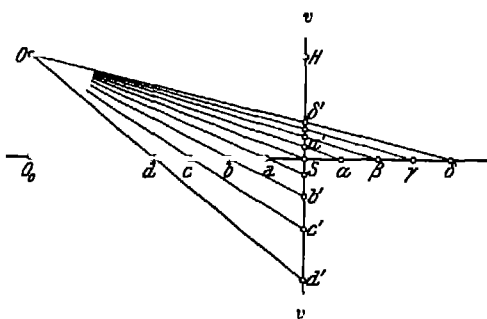



Abb. 12. Konstruktion der Perspektive

1, 2 mit H wird somit das perspektive Netz fertiggestellt, aus diesem rträgt man die Umrißlinien in die entsprechenden Maschen des im gewählten ßstab gezeichneten Quadratnetzes der Objektebene (Abb 10) im allgemeinen ıtzungsweise, erforderlichen Falles mit Benutzung der schon besprochenen

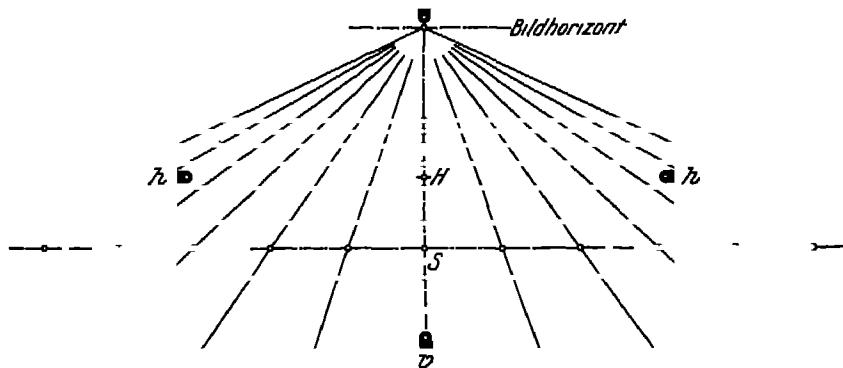



Abb 13 Reguläres Bildnetz bei geneigter Aufnahme

b 9 a) Hilfskonstruktionen An Stelle der Standpunktshohe OO_0 kann zur ıhträglichen) Maßstabsbestimmung die Entfernung zweier im Bild identifizier- ɜn Geländepunkte dienen

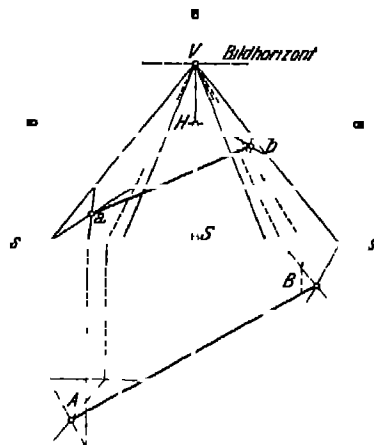
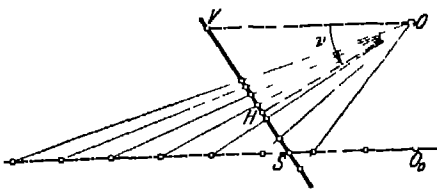
Bei Aufnahmen mit geneigter Kammerachse erfolgt die Konstruktion Perspektive der Geländequadrate (Abb 13) im wesentlichen in der gleichen se, nur liegt hier der Konvergenzpunkt chtpunkt) der zur Aufnahmerichtung ıllelen Quadratseiten naturlich nicht ır im Hauptpunkt H, sondern im nittpunkt des Bildhorizontes und der ıptvertikalen v—v Aus Abb 14 sind alle vendigen Konstruktionseinzelheiten zu hen In Abb 15, in der die Kartenebene ɜh Drehung um die gemeinsame Schnitt- ıde s—s in die Bildebene umgeklappt er-

14 Konstruktion des Netzes (vgl Abb 13)

Abb 15 Rekonstruktion einzelner Punkte

ınt, ist ein ohne weiteres verstandliches Verfahren zur direkten Übertragung s Bildpunktes (a oder b) in die Karte angedeutet [1] Sind eine größere Anzahl von nahmen auszuwerten, die unter einem bestimmten Neigungswinkel aufgenom- ı wurden, so wird man das entsprechende perspektivische Netz auf einen durch- tigen Stoff (Celluloid, Diapositivplatte) auftragen und diese „Ausmeßplatte" b 16) zur Übertragung der Bilder in das Quadratnetz der Karte benutzen

[1] Vgl R Thiele, Métrophotographie aérienne à l'aide de mon Auto-Panoramo- ·he, Int Arch f Photogramm 1, 1908, S 35

Anstatt ein solches Netz nachträglich auf das Meßbild zu zeichnen od
aufzulegen, kann man es auch im Augenblick der Aufnahme unmittelbar au
diese übertragen, etwa dadurch, daß man in der Kammer dicht vor der lichtemp
findlichen Schicht ein mit dem Netz versehen feste Glasplatte anbringt In dieser Form ist da Netzverfahren durch FR EICHBERG[1] in Wien i die kriminalistische Tat bestandsaufnahme ein geführt worden EICH BERG verwendet ein vo dem oben besprochene Netz abweichendes, und zwar das von A BERTILLON angegebene Bildnetz (Abb 17), das aus einer Scha von Parallelen zur Haupthorizontalen bzw zur Hauptvertikalen besteht Da Netz stellt somit die Perspektive eines mit horizontaler Kammerachse aufge nommenen, in einer wagrechten Objektebene (Fußboden) liegenden Netze von Paralleltrapezen (Abb 18) dar, deren parallele Seiten (Distanzlinien) parallel zur Bildebene liegen und deren andere Seiten

Abb 16 Teil einer Ausmeßplatte für Schrägaufnahmen

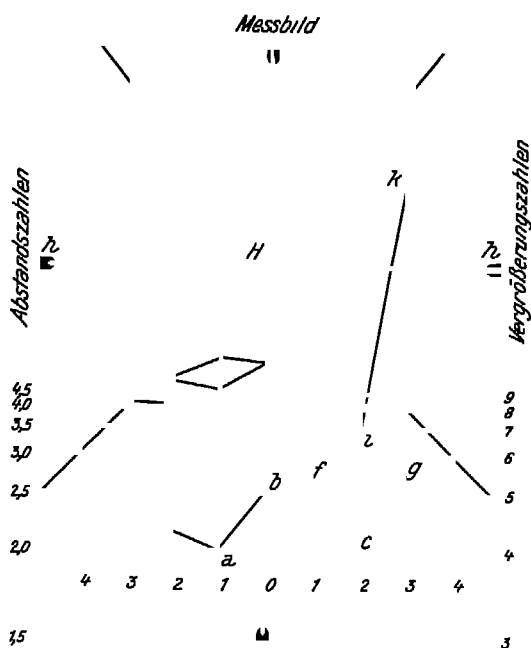



Abb 17 Bildnetz nach FR EICHBERG

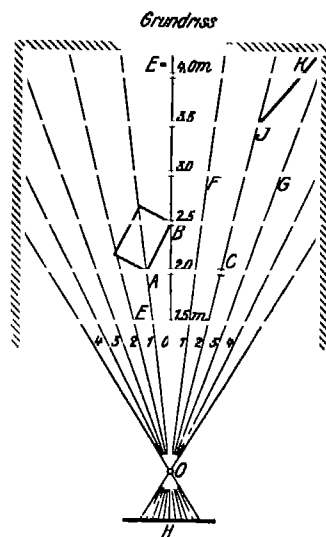



Abb 18 Rekonstruktion des Grundrisses nach FR EICHBERG

auf die Horizontalprojektion des Aufnahmeortes O konvergieren, wobei die Aufnahmerichtung OH die Symmetrieachse des Netzes ist Die parallelen Seiten des Kartennetzes haben gleiche Abstände voneinander und werden von den konvergenten Seiten je in gleich große Abschnitte zerlegt, deren wahre Größen sich aus den entsprechenden Bildgrößen durch Multiplikation

[1] TH DOKULIL, ZS f Feinmech 1916, S 61

der „Vergrößerungszahl“ ergeben, die den Distanzlinien im Bildnetz rechts geschrieben sind So ist z B die Strecke *FG* (vgl Abb 18) 6mal größer als Bild Diese Vergroßerungszahl, die gleich dem Verhältnis des Abstandes der reffenden Distanzlinie (Abb 17, linker Bildrand) von O_0 zur Bildweite *f* ist, selbstverständlich fur alle Strecken, die in der Vertikalebene durch die befende Abstandslinie liegen, weil ja diese „Abstandsebenen“ (vgl die gestrilten Linien in Abb 19) parallel zur Bildebene sind Die Vergrößerungszahlen atten also auch die Berechıg der Höhen einzelner Obpunkte uber dem Fußboden ist z B die vertikale Kante kastenformigen Körpers 4 mal ßer als die im Bild über *a* gesene Kante Für die Kartierung Grundrisses werden fertige Besnetze im Maßstab 1 25 verıdet, die zweckmaßig auf Pausıer gedruckt sind, um Aufnahı desselben Objekts von verıedenen Seiten leicht zusammensen zu konnen Das Verfahren erfordert naturlich eine unveranderliche Hohe Objektivmittelpunktes *O* uber dem Fußboden und eine unveränderliche lweite *f* der Aufnahmekammer (vgl S 134)

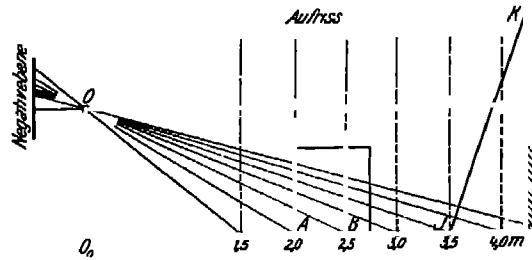



Abb 19 Rekonstruktion des Aufrisses nach FR EICHBERG

Ein anderes Verfahren für Tatbestandsaufnahmen wurde von P HEINDL[1] Dresden vorgeschlagen Hier wird eine quadratische Platte von bekannter enlange und mit eingezeichneten Diagonalen auf den Fußboden gelegt und photographiert, nachdem sie zuvor mit Hilfe der Mattscheibe so ausgerichtet de, daß eine ihrer Kanten parallel der Haupthorizontalen wird Die in der nahme enthaltene Perspektive des Quadrates laßt sich zu einem (regulären) ugsnetz erweitern, mit dessen Hilfe Grund- und Aufriß des Objektes leicht inden werden können Das HEINDLsche Verfahren erfordert mehr Konstruksarbeit als das EICHBERGsche, kann aber dafür mit jeder beliebigen Kammer chgefuhrt werden, deren Bildebene auch geneigt sein darf

3. Flachenweise Rekonstruktion auf Grund perspektiver Beziehungen tzerrung). Allgemeines Das eben geschilderte Vierpunkt- bzw Netzahren ist zwar bei jeder beliebigen Neigung der Kammerachse zur Objektne zwischen 0° und 90° anwendbar, erfordert aber, wie die auf S 24 beschriee Methode, eine immerhin muhsame punktweise Rekonstruktion Handelt ıch darum, eine großere Anzahl von Bildpunkten oder gar den gesamten linhalt zu rekonstruieren, so wird zweckmaßiger ein optisches Verfahren anandt, das man als „(photographische) Umbildung“ oder „Entzerrung“ ɔichnet Die Anwendbarkeit dieses photomechanischen Verfahrens ist allergs aus Grunden, die in der Konstruktion der zu verwendenden Gerate liegen, ktisch beschrankt[2] auf Neigungswinkel zwischen 45° und 90°, seine rationellste wichtigste Verwendung findet es bei Neigungswinkeln, die wenig von 90° eichen, bei denen also das Bild nahezu parallel der Objektebene ist

Das Entzerrungsverfahren wird außer zur Umbildung von schrag auf-

---

[1] P HEINDL, Photogrammetrie, Leipzig 1915

[2] Ohne Einschränkung hinsichtlich des Neigungswinkels sind für eine linienweise hanisch automatische Umbildung oder Entzerrung anwendbar die auf S 86 hriebenen Universal-Ausmeßgeräte

genommenen Architekturbildern[1] vor allem verwandt zur Rekonstruk von mehr oder weniger steil aufgenommenen Luftbildern Hier ist die nachst als eben angenommene) Geländefläche die Objektebene Dabei k wie im folgenden, fur die Praxis[2] stets angenommen werden, daß die el Geländefläche horizontal ist

Theoretische Grundlagen Bei ebenem, horizontalem Gelande ist Karte, d h die Parallelprojektion des Geländeobjektes, diesem geometr ähnlich und das Luftbild ist als Zentralprojektion (Perspektive) der K dieser unmittelbar perspektiv zugeordnet Für eine optische Transforma des Bildes in die Karte ist es nun notwendig, beide in eine perspektive Lage einander zu bringen, das kann zunächst offenbar dadurch geschehen, daß dem Bild die gleiche Lage zur Karte gibt, die es im Augenblick der Aufna hatte In diesem Falle besteht die Umbildung in einer einfachen Umkehrung Aufnahmevorganges mit Hilfe eines Projektionsapparates In der Abl wird das von der Lichtquelle L unter Verwendung des Kondensors K beleuch Bild B durch das Objektiv O auf die Projektions- (Karten-) Ebene P abgebi Dabei muß die Haupthorizontale des Bildes parallel zur Projektionsebene, Abstand OH des Objektivs Bild gleich der Bildweite f Aufnahmekammer und der gungswinkel ξ zwischen I und Projektionsebene gleich Komplement des Neigungs kels der Kammerachse im Au blick der Aufnahme sein Da die Bildweite der Aufnal kammer immer nahezu gl der Brennweite des Aufnal objektivs ist, so ist mit ei Projektionsobjektiv von glei

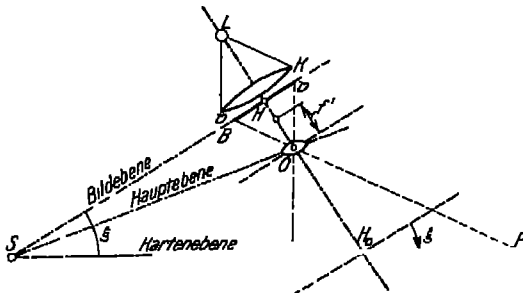



Abb 20 Umbildung mit winkeltreuem Strahlenbüschel

Brennweite eine scharfe Abbildung auf die in geringem Abstand lieg Projektionsebene P nicht zu erzielen Man muß deshalb als Projektionsobje ein solches mit einer Brennweite f' verwenden, wobei $f' < f$ ist Aus OH ergibt sich mit der Brennweite f' des Projektionsobjektivs O der Abstand (in dem bei paralleler Lage der Projektionsebene zum Bild dieses in se Gesamtheit scharf abgebildet wurde Da aber die Ebene P um den Winl aus der Normallage herausgedreht wurde, wobei die Drehung um eine Para zur Haupthorizontalen des Bildes erfolgte, so wird zunachst nur die Hauptl zontale des Bildes in der Ebene P scharf abgebildet sein Zur scharfen Abbil des gesamten Bildes ist jetzt nach einer von Th Scheimpflug[3] selbsta aufgefundenen und gewohnlich nach ihm benannten Bedingung die Haupte des Objektivs O so um eine Parallele zur Haupthorizontalen des Bildes zu dre daß sie durch die Schnittgerade S der Bild- und Kartenebene geht Das Erge einer derartigen Umbildung entspricht vollig einer von O aus genau senkr zur Gelandeebene vorgenommenen Aufnahme, deren Bildweite gleich dem stand des Objektivs O von der Kartenebene P ist

[1] G Kammerer, Int Arch f Photogramm 3, 1912, S 196 (dazu Tafel ebendort)

[2] Vgl z B Cl Aschenbrenner, ZS f I 46, 1927, S 578

[3] Th Scheimpflug, Phot Korr 1898 Die Bedingung ist schon früher E Abbe angegeben worden (vgl S Czapski, Theorie d opt Instr nach Abbe, Br 1893, S 27)

Die geschilderte Anordnung der
ojektionseinrichtung liefert die
konstruktion des Objekts, d h,
) die Karte, in einem nicht will-
lich zu wählenden Maßstab In
b 21 sind die der Abb 20 zu-
ndeliegenden Verhältnisse zunächst
h einmal dargestellt, dabei ist
$= h$ die Flughöhe im zufälligen
ibildungsmaßstab, der sich aus
n Verhältnis von h zur tatsach-
ien Flughöhe ergibt Ein bestimm-
, vorgeschriebener Maßstab ließe
i nur durch eine ähnliche Ver-
ßerung oder Verkleinerung der
ibildung, also etwa durch eine
otographische Reproduktion, er-
len

Abb 21 Umbildung auf vorgeschriebenen Maßstab

Die Umbildung kann aber auch
mittelbar auf einen vorge-
riebenen Maßstab gebracht
rden, wenn man, was im vor-
genden Fall ohne Bedeutung ist,[1]
auf verzichtet, daß das aus
n Projektionsobjektiv austre-
de Strahlenbuschel dem das
ßbild erzeugenden ursprungli-
n Strahlenbuschel winkeltreu
Bild und Karte sind namlich
ht nur dann einander perspek-
zugeordnet, wenn sie die gleiche
ientierung gegeneinander haben
im Augenblick der Aufnahme,
gibt vielmehr unendlich viele
glichkeiten, Bild und Karte in
e richtige perspektive Lage zu
ngen Dreht man z B die
rtenebene P um ihre Schnitt-
ade S mit der Bildebene B
i einen beliebigen Winkel (Abb
in eine neue Lage (Projektions-
ne P'), so bleiben Bild und
ojektionsebene einander per-
ktiv zugeordnet, wenn gleich-
tig das Projektionszentrum O
die Lage O' kommt, wobei FO'
rallel der Projektionsebene P'
d gleich dem Abstand des
jektivs O vom Fluchtpunkt F ist Ganz allgemein gelten als „Perspektiv-
lingungen“

Abb 22 Entzerrungsgerät nach Cl Aschenbrenner der Photogrammetrie G m b H in München

[1] Vgl S 77, Doppelprojektionsgeräte nach Scheimpflug

1 Allen möglichen perspektiven Lagen von Bild- und Projektions ist die Schnittgerade S gemeinsam

2 Hauptpunkt H und seine jeweilige Perspektive (Projektion) H_0 bzv auf deren Verbindungslinie das Projektionszentrum O bzw O' liegen mul halten ihre Abstande von S bei

3 Die Fluchtlinie F, d h die Abbildung aller unendlich fernen K punkte, bleibt Fluchtlinie fur jede liebigen Neigungswinkel der Projek ebene gegen die Bildebene

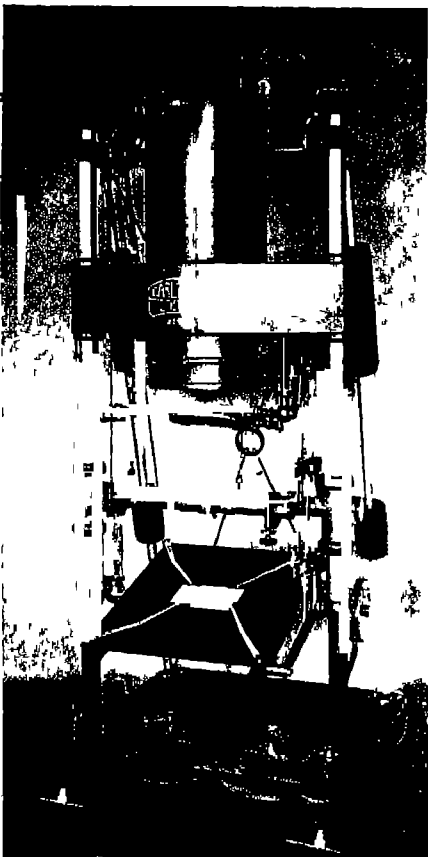



Abb 23 Entzerrungsgerät von C ZEISS, Jena

Man wird also stets den W zwischen Bild- und Projektionsebe wahlen konnen, daß die Abs $HO' = a$ bzw $O'H' = b$ unter Berücl tigung der Brennweite f' des Projek objektivs die Linsengleichung erfulle ein bestimmtes vorgeschriebenes stabsverhältnis ergeben [1]

In der Praxis der Luftbildme werden aus aufnahmetechnischen (den und zur möglichsten Verme derjenigen Fehler, die durch Abweic des Geländes von der vorausgese ebenen Form hervorgerufen werden — unten — die Meßbilder moglichst g senkrecht nach unten aufgenommen mit wird also der Winkel ξ (Abb 21) gleich Null Infolgedessen wird de stand des Punktes H von F bzw vo Schnittgeraden S und der Abstan Punktes O' von F so groß, daß et Fehler in diesen Abstanden mit Rucl auf die Größe der Abstande selbst ver lassigt werden können, mit anderen ten Bei der Umbildung von Aufnal die nahezu parallel zur Kartenebene kann auf die strenge Einhaltung de spektivbedingungen verzichtet wer

Entzerrungsgerate Projek apparate, die fur die geschilderte bildung geeignet sind, nennt man Entzerrungsgerate Das erste derartig rät, der „Photoperspektograph“, wurde von SCHEIMPFLUG angegeben un baut [2] In der Praxis werden heute im wesentlichen drei verschiedene Kons tionen angewandt, denen allen eine selbsttatige[3] Regulierung des gegenseitige standes von Bild-, Objektiv und Projektionsebene entsprechend der L

[1] Über Einzelheiten s z B O v GRUBER, Bildmess und Luftbildwes 2, S 10 Vgl auch FR SCHILLING, ZS f Vermessungswes 55, 1926, S 289

[2] TH SCHEIMPFLUG, Phot Korr 1906, S 516 — DERSELBE, D R P Nr (v 15 April 1903

[3] Von den früher verwendeten Entzerrungsgeräten ohne diese selbst Regulierung sind am bekanntesten das ICA-Gerät und das Gerät von ED LIESE ZS f Verm 55, 1926, H 10 u 11 Dem letzteren entspricht das in Frankreic bräuchliche Gerät von M H ROUSSILHE, vgl S 40

chung gemeinsam ist Diese automatische Abstandsregulierung (Selbst-ussierung) wird durch sogenannte Inversoren[1] bewirkt, durch deren Be-gung zunachst die Haupthorizontale des Bildes dauernd scharf auf die jektionsebene abgebildet wird, wahrend man den Abbildungsmaßstab inner-b gewisser Grenzen (etwa dem 0,5- bis 3fachen der Bildgröße) durch ·hen eines Handrades oder einer Fußscheibe kontinuierlich andert

Die von CL ASCHENBRENNER (PHO-RAMMETRIE, G m b H in München) egebene Konstruktion[2] (Abb 22) nso wie die Konstruktion der Firma IL ZEISS[3] in Jena (Abb 23) ver-gen, daß die durch Probieren aufzu-lende Richtung der Haupthorizon-n durch entsprechende Drehung rkantung) der Platte parallel zur tgelagerten) Kippachse des Projek-istisches gestellt wird Im ubrigen bei beiden Geraten je ein Handrad eine Fußscheibe zur Neigung des jektionstisches vorgesehen Letz-r betatigt dann seinerseits beson-e Hebelsysteme, durch welche so-il die SCHEIMPFLUG-Bedingung als h die Perspektivbedingungen zwang-fig erfüllt werden

Das dritte, von R HUGERSHOFF egebene Gerat (AEROTOPOGRAPH G b H — GUSTAV HEYDE, G m b in Dresden, Abb 24) verzichtet auf und der oben angestellten Überle igen auf eine strenge Erfullung der spektivbedingungen und auf eine omatische Einstellung der Objektiv-iptebene in die Schnittgerade S der d- und Projektionsebene Dadurch d einfacher Aufbau und geringes wicht ohne Beeintrachtigung der ktischen Verwendbarkeit erzielt

Abb 24 Entzerrungsgerät nach R HUGERSHOFF der AEROTOPOGRAPH G m b H in Dresden

der Projektionstisch um zwei winkelrecht zueinander angeordnete Achsen gbar ist, also in beliebiger Richtung geneigt werden kann, so ist eine Ver-itung der Platte nicht erforderlich Die zur Erfullung der SCHEIMPFLUG-lingung notwendige Kippung der Objektivhauptebene geschieht von Hand und kann, entsprechend der zufalligen Lage der Haupthorizontalen, eben-s in beliebiger Richtung vorgenommen werden Die richtige Kippung gt sich unmittelbar durch den Eintritt einer gleichmaßigen Scharfe des ge-aten Projektionsbildes

[1] O v GRUBER, ZS f I 45, 1925, S 561 bis 573

[2] CL ASCHENBRENNER, Mitt d Photogrammetrie G m b H, 2, 1926, Nr 6 gen konstruktiver Einzelheiten dieses Gerätes vgl D R P Nr 448106 und R P Nr 448107

[3] O v GRUBER, Bildmess u Luftbildwes, 2, 1927, S 10

Das Aufsuchen der richtigen Neigung des Projektionstisches bzw die stellung des gewünschten Maßstabes geschieht bei allen erwähnten Entzerr geräten durch probierendes Neigen des Tisches und entsprechende Ände des Bildabstandes, bis die auf einem Zeichenblatt im vorgeschriel Kartenmaßstab aufgetragenen, ihrer Lage nach bekannten Geländepunkt geeigneter Verschiebung und Drehung des Zeichenblattes mit den entspreche Bildpunkten zur Koinzidenz gebracht sind [1] Notwendige Voraussetzung für c „Einpassen" ist im allgemeinen die Kenntnis der gegenseitigen Lage von Punkten, also ganz ebenso wie bei dem Vierpunkt- oder dem Netzverfa dem diese optische Transformation dem Wesen nach ja gleich ist [2]

Einfluß von Unebenheiten des Geländes Da das Gelände n Ausnahmefallen völlig eben sein wi ist es wichtig, den Einfluß von H unterschieden der abgebildeten Pı auf deren Lage in der durch die U dung gewonnenen Karte festzust

In Abb 25 ist ein Vertikalsc durch die Aufnahmestandpunkt

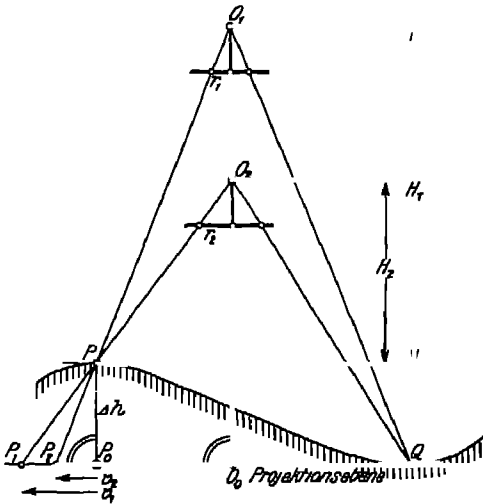



Abb 25 Einfluß von Geländeunebenheiten auf die Umbildung

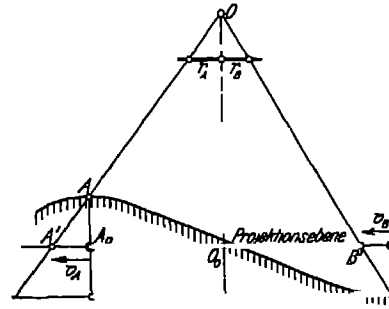



Abb 26 Übertragung der Paßpunkte Projektionsebene

bzw O_2 und das von den Aufnahmen uberdeckte Gelande gezeichnet Di Einfachheit wegen genau vertikal gedachten Aufnahmen sollen die Bildwe haben Die Projektions- bzw Kartenebene sei durch den tiefsten Gelandepur gelegt, der sonach mit seiner Kartenprojektion bzw mit seiner Umbildung sammenfällt Die Kartenprojektion des um Δh hoher als Q gelegenen Gela punktes P sei P_0 Durch die Transformation (hier einfache Vergrößerung in O_1 bzw O_2 aufgenommenen Bildes erhält nun P die (fehlerhafte) Kartei P_1 bzw P_2, welche Punkte gegen die richtige Kartenlage P_0 die linearen schiebungen v_1 bzw v_2 aufweisen An Hand der Abb 25 ergeben sich folg Beziehungen

$$v_1 = \Delta h \frac{r_1}{f}$$

und

$$v_2 = \Delta h \frac{r_2}{f}$$

woraus mit

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{H_2}{H_1}$$

folgt

$$v_2 = v_1 \frac{H_1}{H_2}$$

[1] Vgl hiezu z B O v GRUBER, ZS f I 42, 1922, S 161

[2] Diese einfache empirische Methode der Bildorientierung ist nicht anwen

Aus (1) ergibt sich Der Kartierungsfehler wächst mit zunehmender Höhe der trachteten Punkte über der angenommenen Hohe der Kartenebene, mit zuhmendem Abstand seines Bildes von der Plattenmitte und mit abnehmender ldweite

Da $\frac{r}{f}$ die Tangente der Nadirdistanz des betrachteten Bildpunktes ist, so gt aus (1) auch Der Lagefehler wachst mit zunehmender Nadirdistanz, er ichst also, wie auch Formel (3) zeigt, mit abnehmender Flughöhe

Man wird also die zu entzerrenden ıfnahmen aus möglichst großer Höhe ıd möglichst genau senkrecht vornehen, die Verwendung einer sogenannten oppelkammer (vgl S 198), einer Doplkammer, bei der die beiden Kammerhsen bis zu 20° gegen die Vertikale neigt sind, ist also fur den vorliegenn Zweck ungeeignet

Die durch die unvermeidlichen Hönunterschiede des Gelandes bedingten ıvermeidlichen Fehler kann man verıgern, wenn man als Einpaßpunkte öglichst solche von mittlerer Höhenge und geringem, gegenseitigem Hohenıterschied Δh auswählt Dabei wird an die Aufnahme nicht auf die wirkıhe Lage der gegebenen Punkte einıssen, sondern auf Ersatzpunkte, die bezug auf den Nadirpunkt O_0 radial n die Strecken $v = \frac{\Delta h}{M} \frac{r}{f}$ verschoben nd, wobei M die vorgeschriebene Maßabszahl der Karte ist Laßt es sich cht vermeiden, daß die Ausgangsınkte stark verschiedene oder in beıg auf die durchschnittliche Geländeıhe extreme Hohenlage haben, so wird an als Projektionsebene eine solche ɔn mittlerer Hohenlage (vgl Abb 26) ahlen und auch hier die Entzerrung auf Grund der radial verschobenen rsatzpunkte vornehmen

Abb 27 Einzelaufnahme des Wattengebietes von Wangeroogo (vgl Abb 28)

Anwendungen Aus den in einheitlichem Maßstab vorgenommenen Umldungen von anschließenden Einzelaufnahmen (Abb 27 Teilbild fur den artenausschnitt in Abb 28), die zweckmaßig mit einem (Film-) Reihenbildner gl S 151) ausgefuhrt werden, wird ein „Bildplan" hergestellt Die Einzelılder werden dabei auf Zeichenpapier aufgeklebt, auf dem die fur die Entzerrung ›rwendeten Paßpunkte aufgetragen sind Durch geeignete Retusche werden ie Bildrander unsichtbar gemacht Bildplane dieser Art finden vielfach Verendung als Grundlage fur Bebauungsprojekte Legt man Gewicht auf die 'arstellung der eigentlichen Situationslinien, so paust man diese Linien oder

.ı einem von F Jantzer gebauten Entzerrungsgerät, das als Integrator bezeichnet ıd, da bei ihm die Umbildung durch eine Art photographischer Integration geschieht) R P Nr 301355 und Nr 303317)

uberzeichnet sie im Bildplan mit Tusche und bleicht den ubrigen Bildu aus, wie im Beispiel der Abb 28, das ubrigens eine besonders zweckmaßige durch andere Vermessungsmethoden nicht zu ersetzende Anwendung des zerrungsverfahrens zeigt

Es ist selbstverständlich, daß das geschilderte photogrammetrische fahren immer nur einen Lageplan liefert, über dessen Ungenauigkeit[1] nicht völlig ebenem Gelande die oben angestellten Betrachtungen Ausk

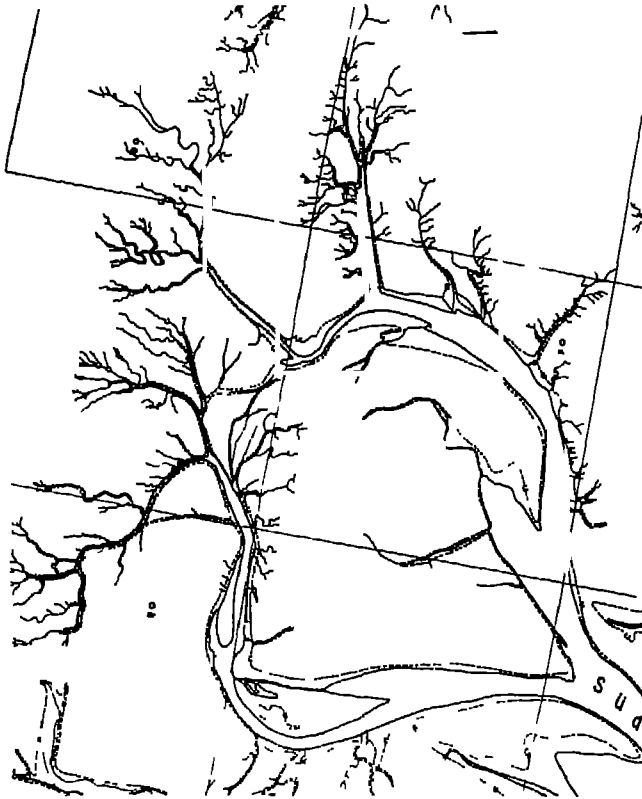



Abb 28 Ausschnitt aus einer Aufnahme des Wattengebietes bei Wangerooge, ausgeführt d das Reichsamt für Landesaufnahme in Berlin

geben Der Verlauf von Hohenlinien an etwa vorhandenen geringen Boc ausformungen kann nur durch nachtragliche Messungen im Gelande und Hilfe der ublichen terrestrischen Methoden ermittelt werden Ein Beis hiefur bietet Abb 29

4. Rekonstruktion durch Vermittlung der Bildpunktkoordinaten A gemeines Bei der auf S 18 geschilderten winkeltreuen Umbildung wird (stets ebene) Objekt rekonstruiert durch Wiederherstellung des bilderzeugen Strahlenbuschels An Stelle des dort angewandten optischen (Projektio Verfahrens zur Ruckgewinnung des Buschels kann auch eine graphische Meth Verwendung finden Diese Methode, die sich spaterhin als Grundlage der

[1] Von besonderem Einfluß sind selbstverständlich etwaige Fehler der Pinr punkte Vgl hiezu etwa K Gurtler, Die Luftwacht, Berlin 1927, Heft 8

nannten Meßtischphotogrammetrie (S 35) als besonders wichtig erweisen rd, ist zwar umständlicher als die Projektionsmethode, ermoglicht aber dafur Rekonstruktion auch von räumlichen Gebilden, soweit diese ebenflachig d regelmaßig sind Ein beliebiger bilderzeugender Strahl OP (Abb 30) durchßt die Bildebene im Bildpunkt p, dessen rechtwinklige Koordinaten in bezug

Abb 29 Luftbildplan mit terrestrisch eingemessenen Schichtlinien (Photogrammetrie G m b H in München)

if das durch die Bildmarken-Verbindungslinien gegebene Achsenkreuz x und y nd Bei vertikaler Bildebene (wie in Abb 30 angenommen) wird also durch die bszisse x der Grundriß Op_0 und durch die Ordinate y der Aufriß Op_{00} des Strahles p und damit dieser selbst bestimmt Über die Rekonstruktion der Bildstrahlen i geneigter Bildebene s S 37

Anwendungen In Abb 31 ist rechts das vertikale Meßbild eines Geudes wiedergegeben Links ist der Aufriß und darunter der Grundriß der

wichtigsten Bildstrahlen dargestellt, wobei der Zusammenhang der Bild koordinaten mit den Strahlenprojektionen für den Punkt A' der Daol

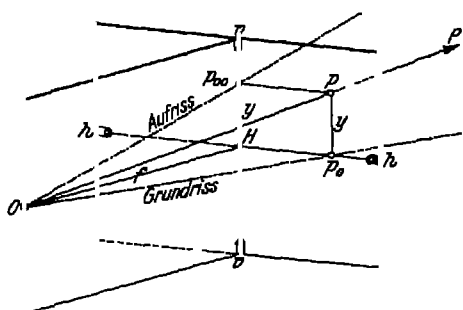



Abb 30 Rekonstruktion einer Richtung mit Hilfe der Bildpunktkoordinaten

besonders hervorgehoben ist De riß der in einer wagrechten liegenden Eckpunkte A' B' u der Dachkante ergibt sich au Schnittpunkten einer beliebiger rechten, also zu OH parallelen G mit den entsprechenden Aufriß len Der Grundriß A_0 des Punk liegt auf der Horizontalprojekti betreffenden Zielstrahls und i Verlangerung des Aufrisses der A' gehenden vertikalen Turm Ebenso findet man die Grundrißp B_0 und C_0 und schließlich auc Punkte D_0 und E_0, deren struktion in der Figur im einzelnen nicht mehr angedeutet ist Der zu unbekannte Maßstab der Rekonstruktion wäre durch nachtragliche sung irgendeiner der rekonstruierten Objektstrecken zu ermitteln

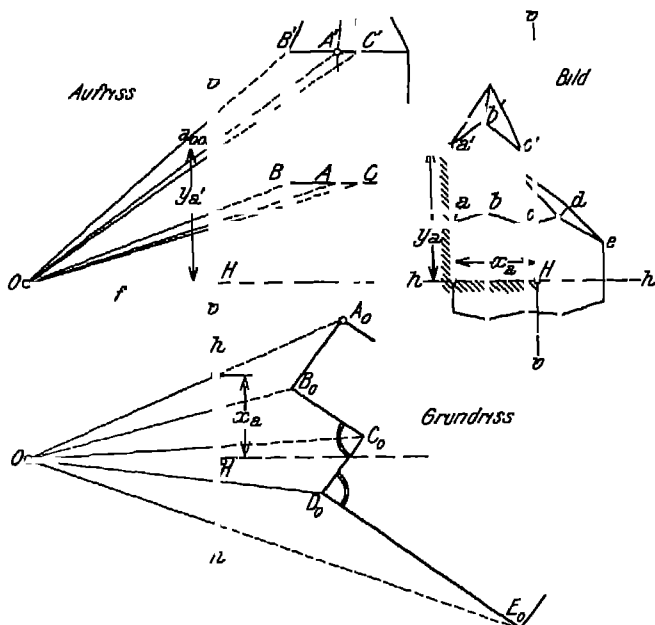



Abb 31 Rekonstruktion eines Gebäudes mit Hilfe der Bildpunktkoordinaten

Besonders einf auch hier die Rekon tion eines in einer zontalen) Ebene lieg Objektes, z B eine ufers, aus einem kalen Meßbild (Abb

Ein beliebiger P_0 des Ufers ergibt sic weder durch Drehe Bildstrahles OP_0 um Grundrißprojektion in die Grundriß- (Ka Ebene[1] oder aber die in Abb 32 bzw gedeutete Konstru die darauf beruht

$$\frac{P_0 O_0}{P_0 p_0} = \frac{O O_0}{p\, p_0} = ($$

Beliebige Ol punkte werden also Vorwartseinschneide der Basis O_0 (O) bestimmt, deren I gleich dem Hohenu schied zwischen Objektiv und Objektebene ist Dabei sind die Richt der Bestimmungsstrahlen $O_0 P_0$ bzw (O) P_0 festgelegt durch die auf der Scl

R HUGERSHOFF, Das Photogrammeter HEYDEscher Konstruktion Stuttgart 1912, S 13, A v ODENCRANTZ, Bildmess u Luftbildwes 3, 1928, S J ARNEBERG, Int Arch f Photogramm 5 1917, S 169 und 6, 1919/23, S

raden g—g von Bild- und Objektebene liegenden Punkte p_0 bzw (p) mit n Abszissen x bzw $x + y$

Für die mechanische und kontinuierliche Durchführung dieser Konstruktion t H RITTER[1] einen Apparat, den „Perspektographen" (Abb 34) angegeben, dessen Aufbau sich eng an die Abb 33 anlehnt Er besteht aus einem Lineal L_1 mit einem Führungsschlitz, in dem der gleichschenklig-rechtwinklige

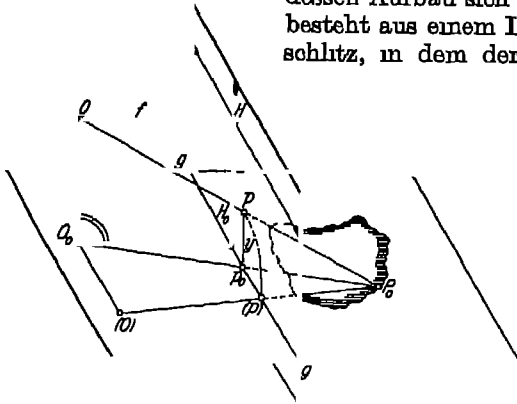



Abb 32 Aufnahme einer Uferlinie

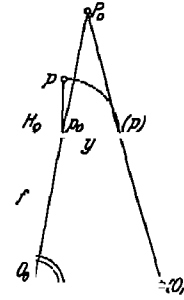



Abb 33 Punktweise Rekonstruktion der Uferlinie

Winkelhebel 2 p_0 3 mit dem Führungsstift p_0 gleiten und sich dabei um diesen Stift rehen kann An den Enden des Winkelhebels sind die Hebel 3-(p) bzw 1 P

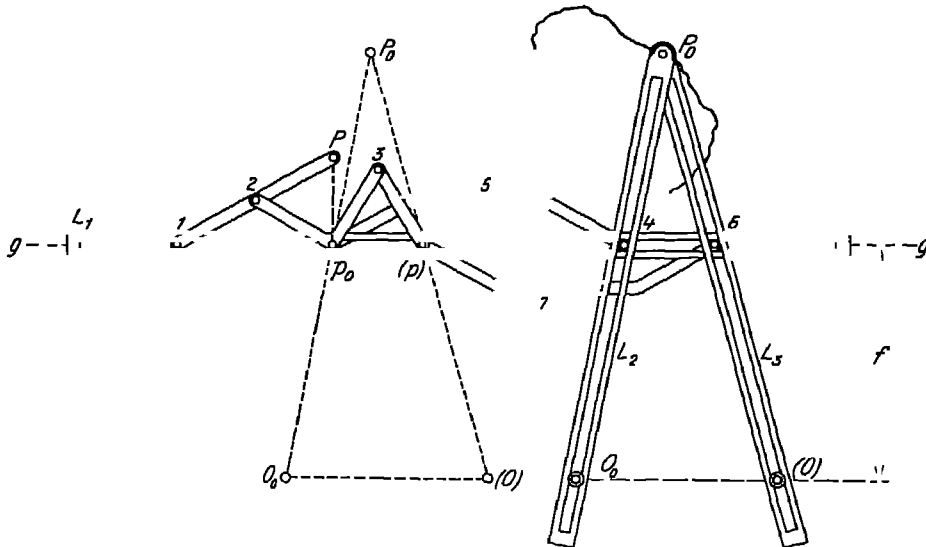



Abb 34 Perspektograph nach H RITTER

lrehbar befestigt, ihre Enden gleiten mit den Führungsstiften (p) bzw 1 ebenalls im Schlitz des Lineals L_1 Da nun die Strecken 1-2, 2 P und 3-(p) einander gleich sind und ebenso lang gemacht wurden wie die Schenkel des Winkelhebels, o muß die Verbindungslinie P-p_0 stets winkelrecht zum Schlitz des Lineals L_1 und stets gleich dem Abstand der Führungsstifte (p)-p_0 sein

[1] D R P 29002 vom 13 Okt 1888

An den Gleitstiften p_0 bzw. (p) sind die Führungsstangen 5 bzw. 7 festigt, deren Enden 4 bzw. 6 wiederum als Führungsstifte ausgebildet s die im Schlitz des Lineals L_1 gleiten. Da nun die Strecke $4\text{-}p_0$ gleich der Str 6 (p) gemacht wurde, so ist offenbar bei jeder beliebigen Hebelstellung der stand 4-6 gleich dem Abstand Pp_0. Die Stifte 4 und 6 nehmen die beiden Punkte P_0 gelenkig verbundenen und geschlitzten Lineale L_2 und L_3 mit, sich um die festen Zapfen O_0 und (O) drehen können. Dabei ist die Str $O_0(O)$ parallel zu L_1, ihre Länge ist gleich dem Höhenunterschied zwisc Aufnahmeobjektiv und Objektebene im vorgeschriebenen Maßstab und Abstand von L_1 ist gleich der Bildweite f der Aufnahmekammer. Legt i also — ganz entsprechend der Abb. 33 — den Papierabzug (die Kopie) e Meßbildes so unter das Lineal L_1, daß die Schnittgerade $g\text{-}g$ der Objektet mit der Bildebene zusammenfällt mit der Mittellinie des Schlitzes von L_1 umfährt man mit einem in P zu denkenden Fahrstift die Umrißlinien des Obj bildes, so wird ein in P_0 angebrachter Zeichenstift die Orthogonalprojekt dieser Umrißlinie kontinuierlich aufzeichnen.

B. Aufnahme beliebiger Raumgebilde

5. Rekonstruktion auf Grund perspektiver Beziehungen mit Hilfe von Li ebenen. Allgemeines. Zur Wiedergabe von Geländeformen bedient man s am zweckmäßigsten der Schichtlinien, d. h. der Spuren gleichabständiger, i zwar horizontaler Schnittebenen mit der Geländeoberfläche. Diese Schic linien werden in der Topographie im allgemeinen punktweise durch Interpolat zwischen beliebigen Punkten von bekannter L und Höhe, selten durch direkte Absteckung nachfolgender Kartierung gefunden. Die Kartier solcher sichtbar abgesteckter Kurven ließe s am einfachsten auf photogrammetrischem W durchführen, die Schnittlinien würden offen den oben behandelten Uferlinien entsprech deren Kartenprojektion aus dem Meßbild pun weise oder bei Verwendung des geschilder RITTERschen Perspektographen auch kontinu lich gewonnen werden können. Während die Sic barmachung des Schichtenverlaufes im Gelä praktisch nicht durchführbar ist, können n einem von K. ZAAR[1] zuerst veröffentlichten V fahren die Schnittspuren paralleler Ebenen i beliebig ausgeformten, nahe der Kammer auf stellten Kleinkörpern leicht sichtbar gemac werden. Läßt man nämlich aus einem in Bildebene eines Projektionsapparates angebracht schmalen, zunächst horizontalen Spalt ein ober Lichtstrahlenbüschel austreten und auf den Dunkeln aufgestellten Körper fallen, so wird diese „Lichtebene“ eine pho graphisch fixierbare Schichtlinie erzeugen. Durch eine parallele relative V schiebung von Lichtebene und Körper bei feststehender oder ebenfalls paral verschobener Kammer erhält man dann beliebig viele dieser Schichtlinien a dem Meßbild, wobei selbstverständlich vor jeder Verschiebung das Objekt der Kammer zu verschließen ist.

Abb. 35. Aufnahme eines Kleinkörpers mit den Spuren paralleler Lichtebenen nach K. ZAAR

[1] K. ZAAR, Int. Arch. f. Photogramm. 4, 1913/14, S. 64ff.

Die Umwandlung der photographisch erhaltenen Perspektive des Schichten-
rlaufes in einen orthogonalen Plan wird offenbar am einfachsten, wenn das
eßbild eine vertikale Stellung hatte, wie im
lgenden angenommen sei Weiterhin zeigt sich,
ıß die Verwendung von horizontalen Licht-
enen im allgemeinen unzweckmäßig ist Wie
is früheren Ausführungen (vgl auch die
bb 12, 19 und 33) hervorgeht, hängt die
icherheit der Rekonstruktion von dem Höhen-
iterschied zwischen Objektiv und Schichten-
ene ab, die Rekonstruktion wird unmöglich,
enn die Schichtenebene mit dem Bildhorizont
isammenfällt ZAAR schlug deshalb die Ver-
endung von vertikalen Lichtebenen vor, die am
esten parallel zur Bildebene anzuordnen sind

Abb 36 Ableitung des Maßstabes der Spurenbilder

Anwendungen Abb 35 zeigt den auf
lche Weise gewonnenen Schichtenverlauf auf
ner Buste Die hier nur einseitigen
ichtspuren lassen sich um den gan-
n Korper herumfuhren, wenn zwei
rojektionsapparate Verwendung
nden, die einander gegenuber und
aufgestellt sind, daß die von ihnen
zeugten beiden Lichtebenen zu-
mmenfallen Die Schichtlinien
urden hier durch Parallelverschie-
ung der Lichtebene bei feststehen-
r Kammer gewonnen Demnach
nd die Abbildungen der Originalschnittabbildungen den letzteren
hnlich, haben aber verschiedenen
laßstab, der um so großer ist, je
aher die schnitterzeugende Licht-
ene dem Kammerobjektiv liegt

In Abb 36 sei O der optische
Ittelpunkt des Objektivs und L die
ufrißspur der Lichtebene in ihrem
roßen Abstand E vom optischen
entrum Einer in ihr gelegenen
trecke AB komme der (aus dem
erhaltnis von E zur Kammerbild-
eite f sich ergebende) Bildmaßstab
m zu Demnach wird die gleiche
trecke bei Annaherung der Licht-
bene L an O um $n\ d$ einen Bild-
aßstab M zeigen, der sich ergibt aus

$$M = m \frac{E}{E - n\,d}$$

Abb 37 Gleichmaßstäbliche Spurenbilder nach ZAAR

Zur Umwandlung der Zentralprojektion der Schnittkurvenschar in ihre
uf den Abstand E bezogene Orthogonalprojektion ist also eine stufenweise
erkleinerung der aufeinanderfolgenden Schichtlinien vorzunehmen, die hier

50,5

zweckmäßig auf graphisch-mechanischem Wege mittels Pantographen folgt

Belaßt man die Lichtebene in einem unveranderlichen Abstand vom Obje und verschiebt dafür das Aufnahmeobjekt parallel zu sich selbst in Rich auf die Kammer, so erhält man eine Schar von Lichtkurven, denen ein ein licher Maßstab zukommt, es ergibt sich hier also die Orthogonalprojektion Schnittlinien unmittelbar In Abb 37 ist ein Beispiel[1] fur dieses Verfahren wie gegeben Die Aufnahme der Vase selbst geschah dabei gleichzeitig mit der scheinbar am weitesten entfernten Schnittes, der als einziger auf dem U des Vasenkorpers liegt, da ja alle Schnitte ein und derselben vertikalen E angehören, deren Grundrißspur L ist In der Abbildung ist die Konstruk des Grundrisses eines Horizontalschnittes K angedeutet, hierin ist d die Stre um die der Körper jeweils verschoben wurde, und zwar im Maßstab der Schich projektion, der sich aus der mit abgebildeten, in der Lichtebene liegenden Str von bekannter Länge (25 cm) ergibt

F Schaffernak von der Versuchsanstalt fur Wasserbau in Wien hat geschilderten Verfahren eine interessante Anwendung[2] auf die Aufnahme Versuchsgerinnen durch Querprofile gegeben Er verwendet hiezu einen Schienen in Richtung der Achse des Versuchsgerinnes fahrbaren Projekti apparat („Lichtwagen"), der in der oben geschilderten Weise eine verti Lichtebene erzeugt, die auf dem Sande des Versuchsgerinnes das jeweilige Q profil als helle Linie zeigt Die Aufnahmekammer kann dabei mit dem Li wagen unmittelbar verbunden werden, so daß die Profile auch hier samtlich gleichen Maßstab haben und unmittelbar Verwendung finden konnen

Das Verfahren ist sowohl von K Zaar als von F Schaffernak auch medizinische Zwecke und von E Doležal fur Propelleruntersuchungen geschlagen worden

6 Rekonstruktion unter Vermittlung der Bildpunktkoordinaten mit nutzung von Hilfsbasen Allgemeines Die bisher betrachteten räumlichen bilde, die nach ihrer Perspek rekonstruiert wurden, waren durch gekennzeichnet, daß Oberflache entweder durch Schar von horizontalen und tikalen Geraden oder durch Schar von (kunstlich auf die K per ubertragenen) ebenen Kur bestimmt wurde In beiden Fa reichte ein Meßbild aus zur leitung der orthogonalen Proj tionen Fur Korper, denen d Kennzeichen fehlen, wie z B einen Gelandeabschnitt von liebiger Bodenausformung, ist

Abb 38 Bestimmung eines Raumpunktes mit Benutzung einer Hilfsbasis

Grund eines Meßbildes nur dann eine — und zwar punktweise — Rekonstru tion möglich, wenn auf den ihrer raumlichen Lage nach zu bestimmenc Punkten eine Strecke (Hilfsbasis) von bekannter (oder stets gleichbleibend Lange und von bekannter Orientierung zum Meßbild aufgestellt wurde und z zur Abbildung kam Die relative Orientierung der Hilfsbasis ergibt sich v

[1] K Zaar, a a O S 70

[2] F Schaffernak, Mitt d Techn Versuchsamtes, Wien 1916, vgl au E Doležal, Referat hierüber im Int Arch f Photogramm 5, 1916, S 157

bst, wenn bei vertikaler Bildebene eine vertikale Basis Verwendung
det [1]

Anwendung In Abb 38 ist auf einem Gelandepunkt P, dessen Karten-
ojektion P_0 ist, eine solche vertikale Hilfsbasis B aufgestellt Ihren End-
nkten P und P' entsprechen die Bildpunkte p und p', denen die gemeinsame
szisse x zukommt und deren Ordinatendifferenz $\Delta = y' - y$ das Bild der
fsbasis ist Zur Rekonstruktion von P_0 denkt man sich die Vertikalebene
rch P um ihre Horizontalspur Op_0 in die Horizontalebene umgelegt (Abb 39)
mit ergeben sich zunachst die Richtungen $O\,(p)$ und $O\,(p')$ nach den Basis-
lpunkten (P) und (P'), deren letzteren
n mit Hilfe einer Parallelen zu $O\,(p)$ durch
n Punkt m findet, wobei $(p)\,m = B$ im
orderten Maßstab der Rekonstruktion ist
r Fußpunkt des von (P') auf die Rich-
ng Op_0 gefällten Lotes ist die gesuchte
rtenprojektion P_0 des Gelandepunktes P,
sen Höhe Y uber dem Aufnahmehorizont
h ergibt aus

$$Y = P_0\,(P') - B$$

ist gebrauchlich, die Lage eines photo-
mmetrisch bestimmten Kartenpunktes
durch seine rechtwinkeligen Koordinaten
und E in bezug auf ein rechtwinkliges
ordinatensystem anzugeben, dessen Ur-

Abb 39 Ableitung der Raumkoordinaten (vgl Abb 38)

ung im Aufnahmestandpunkt O liegt und dessen E-Achse mit der Auf
mrichtung OH zusammenfallt Demnach ist also $P_0F = X$ und $OF = E$
se Koordinaten lassen sich, ebenso wie die Höhe Y, an Hand der Abb 39
ht auf rechnerischem Wege finden Es gibt

$$\frac{B}{\Delta} = \frac{(P)\,O}{(p)\,O} = \frac{P_0O}{p_0O} = \frac{FO}{HO} = \frac{E}{f},$$

raus folgt

$$E = f\,\frac{B}{\Delta} \tag{1}$$

enso findet man

$$X = x\,\frac{B}{\Delta} \tag{2}$$

d

$$Y = y\,\frac{B}{\Delta} \tag{3}$$

esen Gleichungen, die uns gestatten, die Raumkoordinaten eines Zielpunktes
s einem Einzelbild zu berechnen, wenn sich eine Basis am Zielpunkt befindet,
rden wir erneut begegnen bei der Bestimmung eines Zielpunktes aus Bild
aren, in welchem Falle die Basis am Standpunkt liegt

Das geschilderte Verfahren laßt sich beispielsweise[2] anwenden zur Auf-
hme eines Straßenzuges, den eine Reihe von Telegraphenstangen kenntlich
icht Ist deren (gleich groß angenommene) Lange B nicht bekannt so fehlt
r Kartierung der Maßstab Die Messung der Bildpunktskoordinaten x und y
d der Ordinatendifferenz Δ erfolgt zweckmaßig am Originalnegativ Ge-
nete Gerate hiezu sind im Abschnitt IV (S 41) angegeben

[1] F DOLEŽAL ZS f Verm, 36, 1907, S 209ff Über die Verwendung einer
rizontalen Basis vgl P WERKMEISTER, Int Arch f Photogramm 6, 1919/23, S 67

[2] Das Verfahren ist von B SPIEWECK mit Erfolg auch benutzt worden zu Start-
d Landungsmessungen v Flugzeugen Vgl 60 Ber d Deutsch Versuchsanstalt
Luftfahrt, Berlin Adlershof, 1929

7 Rekonstruktion unter Vermittlung der Bildpunktkoordinaten mi nutzung von einem oder mehreren Spiegeln Allgemeines Besitzt c rekonstruierende Objekt eine Symmetrieebene, so ist einleuchtend, daß mi Aufnahme dieses Objektes von einem beliebigen Standpunkt aus zugleich eine zweite Aufnahme des Objekts von einem zweiten Standpunkt aus ge ist, wobei der zweite Standpunkt ebenso wie das zweite Bild symmetrisc ersten Standpunkt bzw zum ersten Bild in bezug auf die Symmetrieebe Objekts liegt Dabei ist das zweite Bild einfach symmetrisch zum ersten Da sowohl die wirkliche als auch die abgeleitete symmetrische Aufnah jeden beliebigen Objektpunkt einen Bestimmungsstrahl, z B nach dem Abb 30 angegebenen Verfahren, liefert, so genügt zur Rekonstruktion s symmetrischer Objekte ebenfalls ein einzelnes Meßbild

Es laßt sich nun jedes beliebig ausgeformte Objekt künstlich zu symmetrischen machen, dadurch, daß man es gemeinsam mit seinem Spie betrachtet bzw photographiert In der Praxis wird es sich dabei naturl

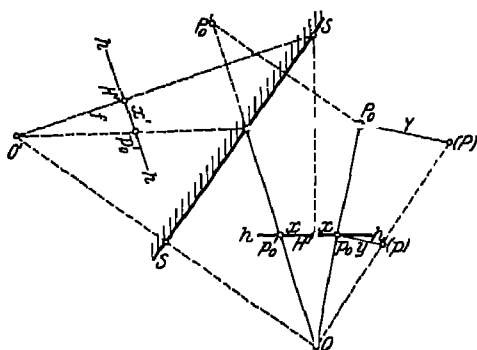



Abb 40 Aufnahme eines Raumpunktes und seines Spiegelbildes nach K ZAAR

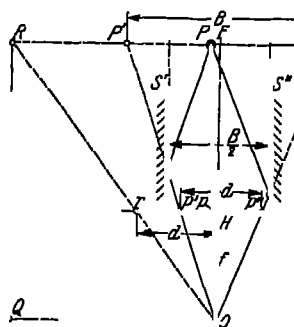



Abb 41 Benutzung zweier S nach K ZAAR

allgemeinen um Nahaufnahmen kleiner Korper handeln[2] Zur Erhöhur Genauigkeit der Rekonstruktion kann man statt eines auch zwei und Spiegel verwenden

Anwendung[3] In Abb 40 ist SS die Spur des vertikal angenom Spiegels im Horizont der ebenfalls vertikalen Aufnahme, deren Zentrum deren Richtung OH ist P_0 ist die Grundrißprojektion eines (in der Abb die Horizontalebene umgelegten) Raumpunktes P O' ist das Zentru symmetrischen Aufnahme, fur die sich die Aufnahmerichtung $O'H'$ in bez den Spiegel ohne weiteres aus der irgendwie gegenuber dem Spiegel geme Richtung OH der eigentlichen Aufnahme ergibt Fur den Grundriß P Punktes P finden sich nun die aus den Bildabszissen x bzw x' folgende stimmungsstrahlen Op_0 bzw $O'p'_0$ Eine Zeichenkontrolle ergibt sich a Bedingung, daß der zu P_0 in bezug auf SS symmetrisch gelegene Punk auf dem Strahl Op'_0 liegen muß Die Hohe Y von P uber dem Bildhorizont

[1] S FINSTERWALDER, Jahresber d Deutsch Mathem Vereinigung, 6, 2, S 18ff

[2] Vgl aber auch E DOLEŽAL, Akad d Wiss in Wien, Math naturv Bd. 111, Abt IIa, 1909 Hier sei (als weiteres Beispiel für die Einbild-Photogr metrie) auch erwähnt H LOSCHNER, Österr Wochenschr f den öffentl Bau 18, S 205ff

[3] K ZAAR, Int Arch f Photogramm 3, 1912, S 96ff

ch Umklappung des Zielstrahles Op um seine Horizontalprojektion Op_0 in
ι Bildhorizont gefunden

Hinsichtlich der Rekonstruktion ergeben sich besondere Vorteile,[1] wenn
Bildebene winkelrecht zur Spiegelebene steht Ein Beispiel hiefür, bei dem
lerdem zwei zueinander parallele Spiegel S' und S'' Verwendung finden, zeigt
Abb 41 im Grundriß Der Objektpunkt P ist der Einfachheit wegen als im
fnahmehorizont liegend angenommen Zur Feststellung seiner Lage, für die
n selbstverständlich auch hier die zu den Spiegelflächen S' und S'' sym-
.rischen Aufnahmezentren heranziehen könnte, kommt man auf Grund
;ender Überlegung Die (verlangert zu denkenden) Spiegelflächen S' und S''
bieren die Entfernung zwischen P' und P und zwischen P und P'', es ist
ut die Entfernung zwischen P' und P'' gleich dem doppelten Spiegelabstand
ʼ, also konstant für jeden beliebigen Objektpunkt

Da $P'P'' = B$ winkelrecht zu den Spiegelflächen, also parallel zur Bildspur
läuft, so ergibt sich der Ab-
ıd $OF = E$ der Strecke $P'P''$
ι O aus der Proportion

$$\frac{OF}{OH} = \frac{P'P''}{p'p''}$$

r, wenn $p'p''$ mit d be-
hnet wird,

$$\frac{E}{f} = \frac{B}{d}$$

$$E = f\,\frac{B}{d}$$

Abb 42 Aufnahme einer Funkenbahn und ihrer Spiegelbilder (nach K ZAAR)

Diese Beziehung ent-
cht vollkommen der Glei-
ng (1) auf S 31, B ist
h hier die zur Punktfestlegung erforderliche Basis und d das Bild
ɜelben

Der Punkt P ist also bestimmt durch die Richtung Op und durch eine
allele zur Bildspur im Abstand E von O Dieser Abstand läßt sich ebenso
ıt durch Rechnung wie durch Konstruktion finden Für die letztere zieht
ı eine Parallele zur Bildspur durch O, trägt auf ihr die Strecke $OQ = B$ ab
zeichnet in Q die Winkelrechte zu QO Ein von O durch den Punkt r, dessen
tand von H gleich d ist, gezogener Strahl schneidet dann auf der Winkel-
ıten eine Strecke QR ab, die gleich E ist Fur die mechanische Durch-
ung dieser Konstruktion hat K ZAAR einen besonderen Apparat an-
ɔben[2]

Ein charakteristisches Beispiel fur die Verwendungsmoglichkeit der Spiegel-
togrammetrie zeigt Abb 42, die eine Aufnahme einer Funkenbahn und ihrer
en Spiegelbilder wiedergibt

[1] K ZAAR, a a O, S 269ff Über d Spezialfall, daß die Spiegelebene winkel-
t zur Bildebene steht vgl auch C PULFRICH, ZS f I 25, 1905, S 93ff

[2] DERSELBE, Int Arch f Photogramm 4, 1913/14, S 200ff

C. Aufnahmen des Himmelsgewölbes

Allgemeines Eine bemerkenswerte Anwendung findet die „Ein Photogrammetrie" schließlich noch in Form von Aufnahmen des Himr gewolbes zur Bestimmung der geographischen Koordinaten des Aufnal standpunktes[1] Auf einer solchen Perspektive, die in der Kartographie „gnomonische" Projektion bekannt ist, werden die (den Erdmeridianen entsprec den) Stundenkreise als Gerade wiedergegeben, die das Bild des Poles als] vergenzpunkt haben, die (den Breitenparallelen entsprechenden) Deklinat parallelen bilden sich im allgemeinen als Kegelschnitte ab, beispielsweis konzentrische Kreise, wenn die Aufnahmerichtung nach dem Himmelspol z Auf einer Zeitaufnahme des Nachthimmels hinterlaßt jeder zur Abbil kommende Stern eine Spur, die unmittelbar einen Teil seines Deklinat parallels darstellt Aus den gegenseitigen Versetzungen und Abständen d Spuren lassen sich die spharischen Koordinaten eines beliebigen mit e bildeten terrestrischen Punktes ableiten Beobachtet man dann noch d Zenitdistanz, so hat man alle D um bei bekannter geograph Breite des Beobachtungsortes Korrektur der bei Beginn und Abschluß der Belichtung gemä Uhrablesung und das Azimut de treffenden Punktes nach bekar Formeln zu berechnen Ist die ge phische Breite unbekannt, so sich auch diese finden, wenn mar weitere Aufnahme zu Hilfe n deren Azimut um etwa 90° vom A der ersten Aufnahme verschiede

Abb 43 Aufnahme von Sternspuren

Anwendung Abb 43 zeig Meßbild mit den Spuren I u zweier Sterne Die in Millimetern ausgedruckten Langen $A_I E_I = l_I$ und $A_{II} E_I$ dieser Spuren entsprechen der Dauer t der Belichtung Daher ergibt sic scheinbare lineare Geschwindigkeit v der Sternbilder in Millimetern aus

$$\left.\begin{aligned} v_I &= \frac{l_I}{t} \\ v_{II} &= \frac{l_{II}}{t} \end{aligned}\right\}$$

Denkt man sich jetzt durch den Endpunkt E_I der Spur des Sternes Stundenkreis S_I gelegt, so muß dieser die Spur des Sternes II in einem] E'_I schneiden, wobei die Strecke $E'_I E_{II}$ gleich der bekannten Rektaszen differenz $\Delta\alpha$ der beiden Sterne im Maßstab des Bildes ist, d h es ist in metern

$$E'_I E_{II} = \Delta\alpha \cdot v_{II}$$

Man erhält nun beliebig viele Stundenkreise, indem man von E_I bzw aus auf den Spuren I und II fur gleiche Zeitdifferenzen Δt die ihnen entsprech Wegestrecken, namlich $\Delta t \cdot v_I$ bzw $\Delta t \cdot v_{II}$ abtragt Insbesondere kann m den Stundenkreis S_p zeichnen, der durch einen mit abgebildeten ird Punkt P geht Die Entfernung zwischen den Schnittpunkten x und :

[1] K Schwarzschild, Eders Jahrb f Phot u Reprod, 1903, S 207, R Hu hoff, Kartographische Aufnahmen und geographische Ortsbestimmung auf F Sammlung Göschen, Bd 607, Berlin und Leipzig, 1912

ındenkreises S_p mit den Spuren I und II in Millimetern entspricht offenbar bekannten Deklinationsdifferenz $\Delta\delta$ (in Graden) der beiden Sterne Demıh entspricht in Richtung des Stundenkreises S_p ein Millimeter einem Winkel-t von $\frac{\Delta\delta^0}{x x'}$, womit sich aus der Strecke $x' P$ auch die Deklination δ_p des jektpunktes P findet Da nun weiter allen Punkten eines Stundenkreises gleiche Rektaszension α zukommt, so ist die Rektaszension α_p des Punktes P ıch der Rektaszension, z B des Punktes x' Dessen Rektaszension $\alpha_{x'}$ weicht ır nach den oben gemachten Ausführungen um $\frac{A_{II}\, x'}{v_{II}}$ von der Rektaszension des Sternes II ab

Hinsichtlich der Einzelheiten des geschilderten Verfahrens, ebenso wie sichtlich der nachfolgenden Berechnung der Uhrkorrektion, des Azimutes ı P und — nach Wiederholung der Aufnahme in anderer Himmelsrichtung — h der geographischen Breite des Beobachtungsortes muß auf die einschlägige eratur verwiesen werden [1] Dort sind auch Methoden angegeben, um aus rnaufnahmen in Verbindung mit Aufnahmen des Mondes die geographische ıge des Beobachtungsortes zu ermitteln [2]

Für das besprochene Verfahren ist weder die Kenntnis der inneren noch Kenntnis der äußeren Orientierung der Aufnahme erforderlich Kennt man r diese Orientierungselemente, so lassen sich dem Meßbild nach dem in der b 30 bereits angedeuteten und auf S 41 weiter ausgeführten Verfahren die rizontal- und Vertikalwinkel für die Endpunkte der Spuren bekannter Sterne nehmen und damit unmittelbar die geographischen Koordinaten des Aufımeortes berechnen [3]

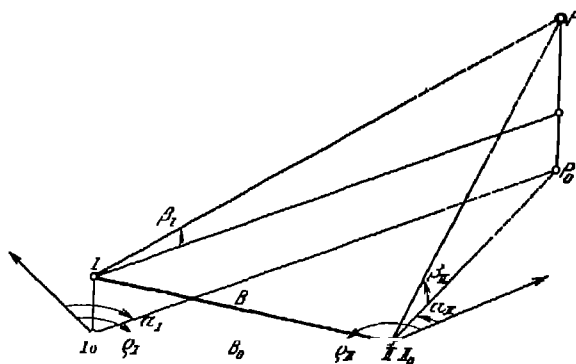
. Punktweise Rekonstruktion eines beliebigen Objektes aus einem Bildpaar

Meßtischphotogrammetrie: Getrennte Bearbeitung der Einzelbilder

8 Rein graphisches Vorwärtseinschneiden mit Richtungsbüscheln. Allneines Zur Rekonstruktion eines beliebigen Körpers sind (mit den im stehenden geschilderten Ausmen) mindestens zwei Aufmen desselben von verschieen Standpunkten aus erlerlich Das Rekonstrukısverfahren entspricht im entlichen dem in der Vermessungskunde gebräuchlin Verfahren des „Vorwärtsıchneidens" einzelner Raumıkte P (Abb 44) von den lpunkten einer beliebig im ım gelegenen Basis $I\,II$ aus

Abb 44 Prinzip des Vorwärtseinschneidens

Punktbestimmung bedient ı sich hierbei der von den andpunkten" (Basisendpunkten) nach den Raumpunkten P zielenden Strahlen,

[1] R Hugershoff a a O
[2] O Runge, ZS f Verm 22, 1893, S 304
[3] C Koppe, Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung, Braunveig 1896

von denen jeder einzelne durch seine Horizontalprojektion und seinen Neigung winkel bestimmt ist Die Horizontalprojektion wird entweder unmittelbar gr phisch (mittels Meßtisch und Kippregel) oder durch Messung des Horizontalwinke gegen eine beliebige durch den Winkel ϱ gegen die Basis festgelegte Nullrichtur (mittels Theodolits) bestimmt Die Schnittpunkte zusammengehoriger Horizontalprojektionen ergebe den Grundriß der betreffenden Raumpunkte deren Hohen $P P_0$ über der Grundrißebene a den Neigungswinkeln β_I bzw β_{II} und den eben g fundenen Strecken $I_0 P_0$ bzw $II_0 P_0$ gewöhnli durch Rechnung gefunden werden Die Unterlag dafur ergeben sich aus Abb 45, in der sowohl d Zielstrahlen, als auch die Raumbasis in die Grun rißebene umgelegt sind In der Photogrammetr erfolgt die Festlegung eines Zielstrahles im allg meinen ebenfalls durch seine Grundrißprojekti und seinen Neigungswinkel, bisweilen aber tr an die Stelle des letzteren die Aufrißprojekti des Zielstrahles (Abb 30, S 26) Die Hohenla der Zielpunkte kann ebenfalls rechnerisch oc aber, was meist vorteilhafter ist, auch graphisch bestimmt werden

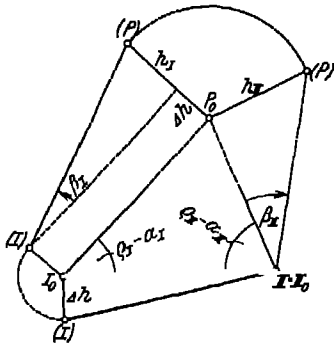



Abb 45 Grundlagen des rechnerischen räumlichen Vorwärtseinschneidens

Anwendungen Das Wesen der rein graphischen Rekonstruktion eir Objektes aus zwei Aufnahmen ist fur beliebig gerichtete aber zunachst horizont Kammerachsen in Abb 46 dargestellt Der Raumpunkt P ist auf den Me

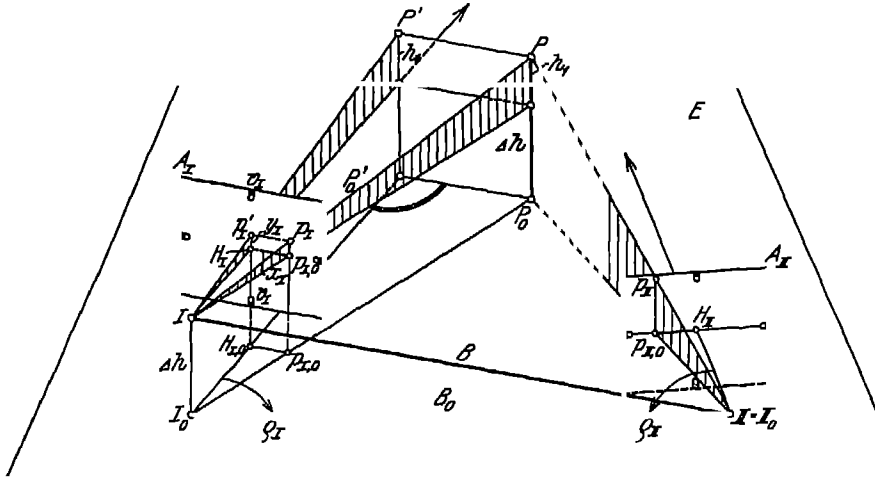



Abb 46 Schematische Darstellung des photogrammetrischen Vorwärtseinschneidens

bildern A_I und A_{II} in den Bildpunkten p_I und p_{II} abgebildet Die entsprechen Objektivmittelpunkte, die als „Standpunkte" gelten, sind I und II, ihre E fernung B bestimmt die Basis der Doppelaufnahmen Die in beliebiger H anzunehmende Grundrißebene E sei durch den Standpunkt II gelegt Die Gru rißprojektionen der Aufnahmerichtungen, namlich $I_0 H_{I0}$ und $II H_{II}$, seien du Messung der Winkel ϱ_I und ϱ_{II} bestimmt Die Grundrißprojektionen der Z strahlen IP und IIP finden sich mit Hilfe der Projektionen der Bildpunkte bzw p_{II} auf die Grundrißebene, wobei der Abstand der Bildpunkte p_0 im Gru

von dem Grundriß der entsprechenden Aufnahmerichtung offenbar gleich
· entsprechenden Bildabszisse x ist Die Höhe $PP_0 = h_{II}$ des Punktes P uber
erscheint in gleicher Größe $P'P'_0$ in einer durch die Aufnahmerichtung $I_0H_{I,0}$
egten Aufrißebene, deren Spur in der Bildebene A_I die Hauptvertikale v_I v_I
Die Hohenunterschiede zwischen P bzw P' und den Standpunkten sind
)portional den ent-
·echenden Bildordina-
ι Abb 47 zeigt das
iema der Rekonstruk-
n von Grund- und
friß für zwei beliebig
ichtete und geneig-
Aufnahmen A_I und
Die Grundrißpro-
tionen der Stand-
ikte sind I_0 und II_0,
smal seien durch bei-
Aufnahmerichtungen
I_I und II_0H_{II}, die
ch Abtragen der ge-
ssenen Winkel ϱ_I und
gefunden wurden,

Abb 47 Graphisches Vorwärtseinschneiden aus geneigten Aufnahmen

tikale Aufrißebenen gelegt und in die Grundrißebene umgeklappt Diese Auf-
)benen enthalten die Hauptvertikalen vv und zeigen die Bildweite f und die
gungswinkel ν der (hier nach oben gerichteten) Kammern Aufriß und Grund-
der den Punkt P bestimmenden Zielstrahlen ergeben sich mit Hilfe der Aufriß-
iren aus dem Aufriß (p') und dem Grundriß p_0 der Bildpunkte in leicht ersicht-
er Weise Der Schnittpunkt P_0 der Grundrißprojektionen der Strahlen ent-
cht der Kartenlage des Raumpunktes P in
1 gewählten Maßstab, aus ihr findet man,
der mit Hilfe der Aufrißfiguren, die Höhen
)zw h_{II} von P über den Bildhorizonten der
ndpunkte Die Differenz Δh dieser Hohen
3 fur alle Objektpunkte gleich sein, sie ent-
cht (Abb 45 und 46) der Höhendifferenz
Standpunkte und liefert eine wertvolle Ar-
s- und Genauigkeitskontrolle (S 210) Fur
› bequeme, wenn auch wenig genaue Durch-
rung der Rekonstruktion kann man, wie Abb 47
t, Papierabzuge der Aufnahmen so auf die
)henflache aufheften, daß die Bildvertika-
vv mit der Aufnahmerichtung zusammenfallen

Abb 48 Senkrechtaufnahme eines Raumpunktes

Das angegebene Verfahren ist fur beliebig geneigte Aufnahmen — also
h fur Schrag- und Senkrechtaufnahmen aus Luftfahrzeugen — anwendbar,
vereinfacht sich wesentlich, wenn genau senkrechte Aufnahmen vorliegen,
hier der Bildhauptpunkt mit dem Bilde der Standpunktsprojektion (dem
lirpunkt der Aufnahme) zusammenfallt und (Abb 48) die Verbindungslinie
Hauptpunktes mit einem beliebigen Bildpunkt der Richtung der Horizontal-
ektion des Zielstrahls nach dem betreffenden Objektpunkt unmittelbar
pricht Zur Rekonstruktion der Kartenlage der abgebildeten Punkte wird
ι also die beiden Bilder, auf denen die gegenseitigen Nadirpunkte erkennbar
müssen, so auf die Endpunkte der zunachst beliebig angenommenen Hori-

zontalprojektion der Basis auflegen (Abb 49), daß sich Hauptpunkt und Sta punktsprojektionen decken und das Bild des jeweils anderen Standpunkts in Basisprojektion fallt Die Verbindungslinien entsprechender Bildpunkte mit zugehörigen Hauptpunkten ergeben dann in ihren Schnittpunkten unmittel die Kartenpunkte P_0 der betreffenden Objektpunkte P Auch hier kann man Höhen P_0P der Objektpunkte über der Kartenebene mit Hilfe einer beliebig beispielsweise durch die *vv*-Linie gelegten Seitenrißebene ableiten (Abb Die so erhaltene Rekonstruktion hat einen zunächst unbekannten Maßst zur Feststellung desselben genugt, immer genau senkrechte Aufnahmen vor gesetzt, die Kenntnis einer Aufnahmehöhe z B $I\ I_0$ oder aber die (gegeber falls nachtraglich bestimmte)Entfernung zweier der kartierten Punkte wöhnlich wird statt einer einfachen Doppelaufnahme eine ganze Serie Senkrechtaufnahmen gemacht, wobei jedes Bild das jeweils vorhergehende mehr als 50% überdeckt (Reihenbildaufnahme) Die Orientierung der dri Aufnahme gegen die zweite, der vierten gegen die dritte usw erfolgt auch mit Hilfe der gegenseitigen Nadirpunktbilder (Abb 49) Dabei kann aber j der Abstand der Nadirpunkte, z B der zweiten und dritten Aufnahme, n mehr beliebig angenommen werd er ergibt sich vielmehr zwangla aus der Lage von (mindestens) ei Punkt, der durch das erste B paar bereits festgelegt und auf dritten Aufnahme abgebildet ist Ausarbeitung einer solchen Bilds ergibt ein ganzes Netz von Obj punkten in einem einheitlichen M stab, zu dessen Ermittlung a hier eine einzige Flughöhe oder Entfernung zweier der kartie Punkte ausreicht (Naheres s S 1

Abb 49 Ebenes Vorwärtseinschneiden mit Hilfe von Senkrechtaufnahmen

Von diesem Verfahren — das man in Amerika „Method of Intersecti oder „Radial-Method", in England „Arundel-Method" und in Deutschl „Nadirpunkttriangulation"[1] nennt, wird verschiedentlich auch d Gebrauch gemacht, wenn die Aufnahmen nur naherungsweise[2] senkrecht die Elemente der außeren — oft auch der inneren — Orientierung unbeka waren Die dabei unvermeidlich auftretenden Fehler[3] geben den unmitte erzielten Resultaten meist nur den Wert einer Approximation Höhenun schiede sind hier selbstverstandlich nur durch nachträgliche, etwa barometris Messungen im Gelände zu gewinnen Zur (natürlich nur rohen) Zeichnung Formlinien des Geländes kann man sich der stereoskopischen Betrachtung Bildabzuge bedienen[4]

[1] Das Verfahren, das immer von neuem erfunden und teilweise sogar (Ame 1916 für Brock & Weymouth) von neuem patentiert wurde, ist lange beka Vgl vor allem Th Scheimpflugs D R P Nr 228590

[2] O v Gruber, Vermessungstechn Rundsch , 6, 1929, S 2ff Die hier gema Angabe, daß die Grundlagen des Verfahrens von Finsterwalder herrühren, t nicht zu Die Grundlagen sind vielmehr in der zitierten Patentschrift Scheimpfl vollständig enthalten Vgl auch S 197, Anm 1 dieses Bandes

[3] Vgl z B P Werkmeister, Bildmess u Luftbildwes 2, 1927, S 49

[4] Vgl z B M Hotine, Simple methods of Surveying from Air Photogra London (War Office), 1927, und S 76 dieses Bandes, O Koerner, ZS f V 54, 1925, S 329ff

Bei terrestrischen Aufnahmen zeigen die Abbildungen des Objekts besonders
ı Vordergrund oft so große Unterschiede, daß das Aufsuchen zusammen-
›höriger (identischer) Bildpunkte schwierig wird Ein wertvolles Hilfsmittel
ır Beseitigung dieser Schwierigkeit bietet die von G HAUCK[1] vorgeschlagene
erwendung der „gegnerischen Kernpunkte" K_I und K_{II} (Abb 50), womit die
›genseitigen Abbildungen der Standpunkte bzw
ıe Durchstoßpunkte der Basis durch die Bild-
›enen bezeichnet werden Ein beliebiger Ob-
ktpunkt P und die Basis $I\ II$ bestimmen eine
bene („Kernebene"), welche die Bildebenen in
›n Geraden $p_I K_I$ bzw $p_{II} K_{II}$, den „Kern-
rahlen", und die Schnittgerade SS der beiden
ıldebenen in dem Punkt P_s schneidet Ist also
ıe Lage der Kernpunkte bekannt, so läßt sich
ı dem Kernstrahl k_I durch den Bildpunkt p_I
n anderen Bilde der zugehörige Kernstrahl k_{II}
onstruieren, auf dem der Bildpunkt p_{II} liegen
ıuß Bei der hier vorausgesetzten Kenntnis der
ıneren und äußeren Orientierung der Aufnahmen ist die Konstruktion der Kern-
unkte leicht durchzuführen Ein Beispiel für eine solche Konstruktion — fur hori-
›ntale Kammerachsen — zeigt Abb 51 im Grund- und Aufriß und in einer
nsicht der um ihre Schnittlinie SS in eine gemeinsame Ebene geklappten
Ießbilder Bei den auf ihnen dargestellten, völlig einförmig gedachten Linien-

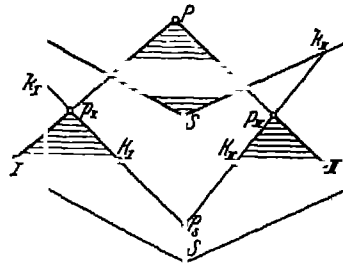
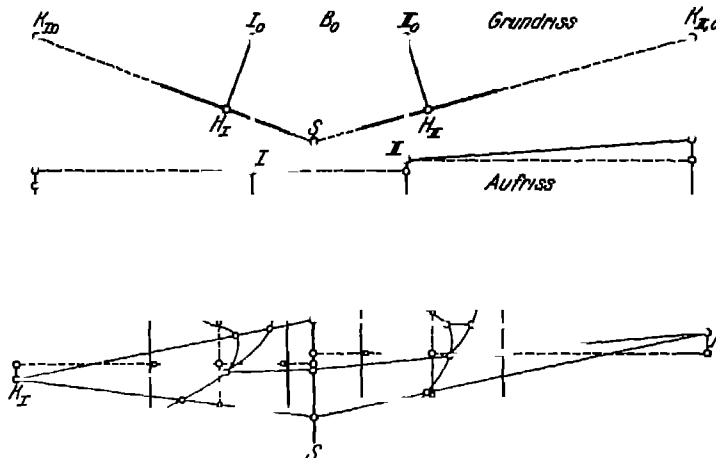



Abb 50 Kernpunkte und Kernebene

ıbb 51 Konstruktion der Kernpunkte und Aufsuchen identischer Punkte mit Hilfe der Kernstrahlen

ugen (Wegen, Wiesenrandern, Gletscherspalten oder ahnlichen) ware die un
ııttelbare Bezeichnung identischer Bildpunkte ohne Benutzung der Kern-
ıtrahlen unmoglich[2] Es ist ubrigens leicht einzusehen, daß bei achsenparallelen
Aufnahmen die Kernstrahlen parallele Geraden werden, deren Neigungswinkel
gegen den Bildhorizont bei Aufnahmen im „Normalfall" (S 47) gleich dem
Neigungswinkel der Basis ist Der bereits in der Einleitung (S 3) erwahnte
HAUCKsche „Trikolograph" beruht im wesentlichen auf einer mechanischen Dar-

[1] Journ f Math 95, 1883, S 11

[2] A v HÜBL, Mitt d Mil Geogr Inst, Wien, 19, 1899, S 115

stellung der Kernstrahlen durch zwei Lineale, die sich um die festen Kernpu gleitend drehen und deren Endpunkte, entsprechend dem Punkt P_s (Abb durch einen gemeinsamen Führungsstift bewegt werden, der in einer der Sch geraden SS entsprechenden Fuhrungsnut gleitet[1]

9 Graphisch-optisches Vorwärtseinschneiden mit Richtungsbüscheln gemeines Von den Vereinfachungen, die sich bei der Rekonstruktion genau senkrecht nach unten aufgenommenen Luftmeßbildern ergeben, l man vorteilhaft auch bei Aufnahmen Gebrauch machen, deren Achse bi 45° von der Vertikalen abweicht, wenn man diese Aufnahmen zuvor nach im Abschnitt III behandelten Entzerrungsverfahren umbildet Man verwe dabei zweckmäßig die winkeltreue Projektion (Abb 20), stellt also das zerrungsgerat so ein, daß ein für allemal der Bildabstand OH des zu entzerrei Bildes gleich der Bildweite der Aufnahmekammer ist Eine so erhaltene bildung entspricht völlig einer genau senkrechten Aufnahme vom gleichen St punkt aus

Anwendung Nachdem der Projektionstisch entsprechend der hier bekannt (vgl S 22) vorausgesetzten Neigung und Richtung der Aufnahme gestellt wurde, bestimmt der Fußpunkt des vom optischen Mittelpunkt Projektionsobjektivs auf die Projektionsflache gefällten Lotes den hier natü nicht mit dem Bildhauptpunkt zusammenfallenden Nadirpunkt der Aufnal die Länge dieses Lotes entspricht der Flughöhe über dem Kartenhorizont Verbindungslinien des Nadirpunktes mit beliebigen Bildpunkten ergeben Büschel horizontaler Richtungen, tragt man die Richtungsbüschel, die sich zwei oder mehr einander uberdeckender Bilder ergeben, in richtiger Orientie auf (Abb 49), so erhält man, wie oben gezeigt, in den Schnittpunkten zusamı gehöriger Richtungen die Kartenprojektion P_0 der entsprechenden Ob punkte Mit Hilfe von beliebigen, etwa jeweils durch P_0 selbst gehenden Au ebenen (Abb 48) finden sich auch die Höhen PP_0 der Objektpunkte uber angenommenen Horizont

Das besonders in Frankreich angewandte, durch M H Roussilhe[2] gebaute Verfahren gibt gute Resultate hinsichtlich der Lage der Objektpur die Höhenbestimmung dagegen ist langwierig und wenig genau, entsproc der Unsicherheit, mit der die (nachträgliche) Ermittlung vor allem der Nei der einzelnen Aufnahmen behaftet ist[3]

10. Vorwartseinschneiden mit rechnerisch bestimmten Richtungswin Das photogrammetrische Vorwartseinschneiden von Objektpunkten laßt ganz entsprechend dem in der Vermessungskunde gebrauchlichen Theod verfahren (S 36) durchfuhren, wenn die Bildstrahlen nicht durch ihre Gr und Aufrißprojektion (Abb 47), sondern durch ihre Horizontalwinkel[4] α Vertikalwinkel β (Abb 44) bestimmt sind Diese Winkel lassen sich unmitte aus den Bildpunktkoordinaten berechnen Hierzu denkt man sich (Abb durch die unter dem Winkel ν zum Horizont geneigte Kammerachse e Vertikalschnitt gelegt, dessen Spur in der (hier positiven) Bildebene die Ha vertikale ist In ihr liegt die Aufrißprojektion p' des Bildpunktes p, dessen Gr rißprojektion p_0 durch Umklappen der Grundrißebene in die Aufrißebene si

---

[1] Fr Schiffner, Die photographische Meßkunst, S 55

[2] M H Roussilhe, Ann hydrogr 3 Ser, Bd 1, Paris 1917, Derselbe, struction provisoire pour l'emploi de l'appareil de redressement, etc, Paris 192€

[3] Über Versuche zur kontinuierlichen Schichtenzeichnung auf Grund von tı formierten Aufnahmen vgl S 77

[4] Geeignete Auftragegeräte für diese Winkel beschreibt J M Torroja, Int A f Photogramm 2, 1911, S 269

gemacht wurde Dementsprechend ist $O_0 p_0$ die Grundrißprojektion des dstrahles Op und α dessen horizontaler Richtungswinkel gegen die Grundprojektion $O_0 p'_0$ der Kammerachse, d h gegen die Aufnahmerichtung Da Hp' ich der Ordinate y und $p'_0 p_0$ gleich der Abszisse x des Bildpunktes p ist, so eren sich leicht die folgenden, zuerst von C KOPPE aufgestellten Beziehungen

$$tg\,\alpha = \frac{x}{p'_0 O_0} = \frac{x}{y \sin\nu + f \cos\nu} \tag{1}$$

$$tg\,\beta = \frac{p'\,p''}{p_0 O_0} = \frac{f \sin\nu - y \cos\nu}{y \sin\nu + f \cos\nu} \cos\alpha \tag{2}$$

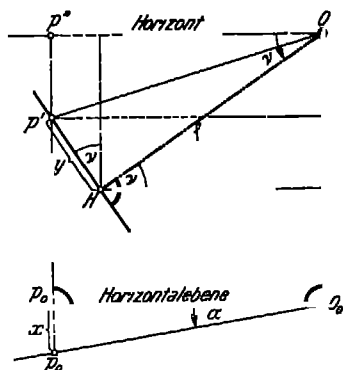



Abb 52 Ableitung der KOPPEschen Formeln

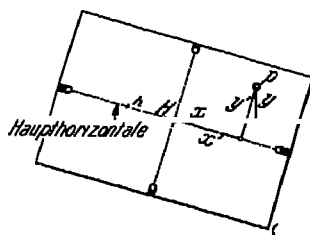



Abb 53 Transformation der Bildpunktkoordinaten bei verkanteten Aufnahmen

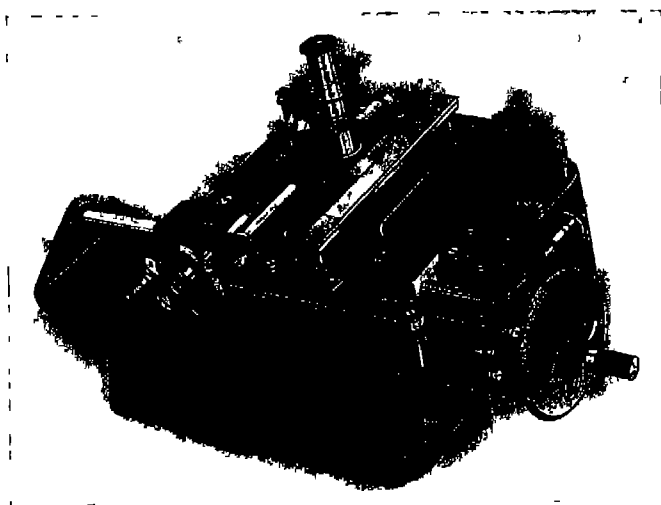



Abb 54 Nonienkomparator nach R HUGERSHOFF

lche Formeln für den Sonderfall der genau vertikalen Bildebene ($\nu = 0^0$) vereinfachte Gestalt annehmen

$$tg\,\alpha = \frac{x}{f} \tag{1'}$$

$$tg\,\beta = \frac{y}{f} \cos\alpha = \frac{y}{\sqrt{f^2 + x^2}} \tag{2'}$$

Die Messung der Bildpunktkoordinaten erfolgt gewöhnlich in bezug auf durch die Bildmarkenverbindungslinien definierte Achsenkreuz, wobei r vorausgesetzt wird, daß diese Verbindungslinien mit der Hauptvertikalen

bzw. der Haupthorizontalen zusammenfallen. Das wird im allgemeinen nu terrestrischen Aufnahmen (S. 104), nicht aber bei Luftaufnahmen der Fall Hier werden vielmehr (Abb. 53) infolge der unvermeidlichen Drehung („ kantung“) der Kammer um ihre Achse die Markenlinien mit den Hauptl einen Winkel $\varkappa$ bilden. Demzufolge sind die in die Gleichungen (1) und (2) zusetzenden, auf die Hauptlinien bezogenen Bildpunktkoordinaten x u zuvor aus den Bildpunktkoordinaten x' und y' im System der Markenlinie berechnen nach den an Abb. 53 leicht abzuleitenden Beziehungen

$$\left.\begin{aligned} x &= x' \cos\varkappa + y' \sin\varkappa \\ y &= y' \cos\varkappa - x' \sin\varkappa \end{aligned}\right\}$$

Abb. 55. Mikroskop-Komparator nach R. HUGERSHOFF

Die umständliche Berechnung der Richtungswinkel nach den Formeln und (2) bzw. (3) kommt praktisch selbstverständlich nur dann in Frage, v für sie eine besondere Genauigkeit verlangt wird. In diesem Falle sind die] punktkoordinaten nicht den Bildabzügen, sondern unmittelbar den Orig aufnahmen mit Hilfe eines besonderen Instrumentes, eines Komparators entnehmen. Ein solcher Komparator besteht im wesentlichen aus einem Plat halter und einem Einstellmikroskop, das parallel zur Plattenebene nach zueinander winkelrechten Richtungen verschoben werden kann, wobei die schiebungen an zwei Millimeterteilungen (Abszissen- und Ordinatenteil abzulesen sind. Abb. 54 zeigt einen für Platten im Format 9 × 12 cm bestimr Komparator mit Noniennablesung der Skalen, in den die auszumessende Pl so eingelegt wird, daß die durch die Bildmarken festgelegte *hh*-Linie par zu einer der Teilungen (Abszissenteilung) liegt. Abb. 55 stellt einen Kompar

das Bildformat 13 × 18 cm mit Mikroskopablesung der Teilungen dar, die szumessende Platte kann hier um den oben erwähnten Verkantungswinkel $\varkappa$ rdreht werden, so daß die Haupthorizontale parallel zur Abszissenteilung wird d die Ablesungen der Skalen somit unmittelbar die Bildpunktkoordinaten

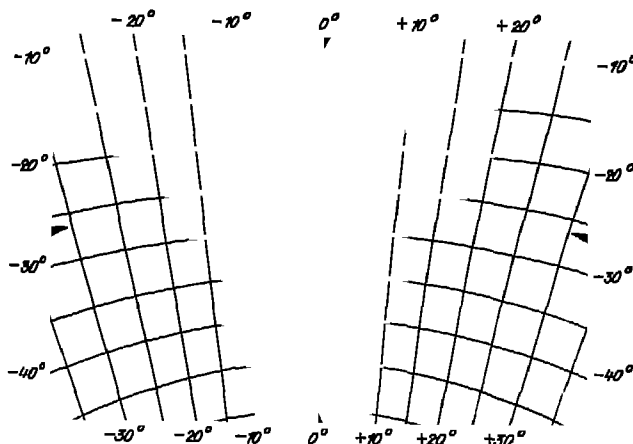



Abb 56 Winkelgitter für geneigte Aufnahmen

System der Hauptlinien ergeben [1] Beide Instrumente werden nach Angaben von Hugershoff von G Heyde-Aerotopograph G m b H in Dresden gebaut

11. Vorwärtseinschneiden mit graphisch-mechanisch bestimmten Richtungswinkeln. Die graphische Darstellung der oben angeführten Gleichung (1) er-

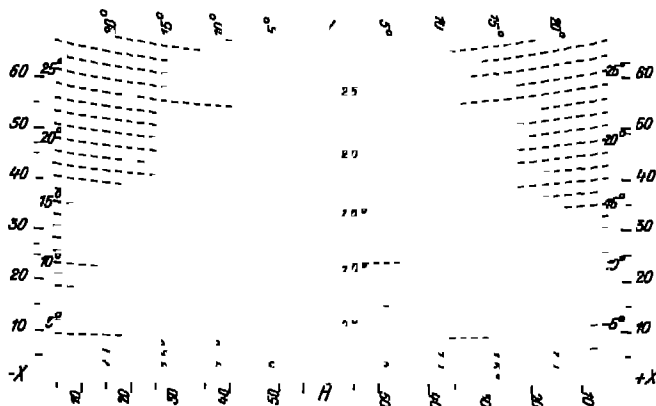



Abb 57 Winkelgitter für wagrechte Aufnahmen

ɔt fur ein bestimmtes f und ν eine Schar von im allgemeinen konvergenten raden, wahrend die Gleichung (2) durch eine Schar von Hyperbeln wiedergeben wird Konstruiert man diese Kurven unter Verwendung der fur die nutzte Aufnahmekammer gultigen Bildweite f und der bei der Aufnahme einhaltenen Kammerneigung auf durchsichtigem Stoff und legt dieses transparente

[1] R Hugershoff und H Cranz, Grundlagen der Photogrammetrie aus Luft hrzeugen, Stuttgart 1919 — Über ähnliche Instrumente vgl Th Dokulil, Int ch f Photogramm 2, 1911, S 169, und E Doležal, ebenda 6, 1919/23, S 279

Diagramm in richtiger Orientierung gegen die Hauptlinien auf das Bild, so kı
man an jedem Bildpunkt den diesem zukommenden Horizontal- und Vertil
winkel unmittelbar ablesen Fur dieses von R HUGERSHOFF[1] eingefüh
Hilfsmittel zur Winkelmessung hat A HAERPFER-Prag die Bezeichnung „Winl
gitter" geprägt Abb 56 zeigt in verkleinerter Darstellung ein solches Winl
gitter, das fur eine Bildweite von 165 mm und eine Kammerneigung von
entworfen wurde, Abb 57 wurde fur $f = 120$ mm und den Sonderfall der gei
vertikalen Bildebene (terrestrische Aufnahmen, $\nu = 0^0$) entsprechend (
Formeln (1') und (2') gezeichnet Einzelheiten über die Berechnung solc
Gitter haben A HAERPFER[2] und E HAMMER[3] veröffentlicht

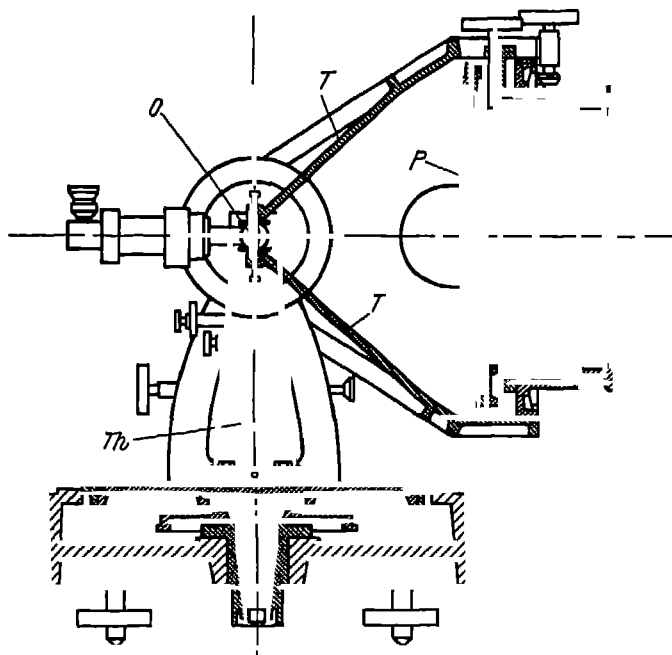



Abb 58 Vertikalschnitt durch den Bildmeßtheodolit (vgl Abb 59)

12. Vorwärtseinschneiden mit optisch-mechanisch bestimmten Richtun winkeln Die oben geschilderte unmittelbare Entnahme der fur das Vo
wartseinschneiden der Objektpunkte erforderlichen Horizontal- und Vertik
winkel aus den Meßbildern ist zwar wesentlich bequemer als die Berechnu
dieser Winkel, hat aber den Nachteil geringer Genauigkeit Zu einer exakt
Methode, den Meßbildern die erforderlichen Winkel unmittelbar zu entnehme
führt der bereits auf S 3 erwahnte PORRO-KOPPEsche Vorschlag Den
man sich nämlich das Meßbild nach der Entwicklung und Fixierung wieder
die Kammer eingelegt und entsprechend beleuchtet, so wird ein von einem b
liebigen Bildpunkt ausgehender Lichtstrahl das Objektiv unter der gleich
Richtung gegen die Kammerachse verlassen, unter der er eintrat Hat hierl
die Kammer die gleiche Neigung bzw Verkantung zum Horizont wie bei d

[1] R HUGERSHOFF, Einführung in die Photogrammetrie, Stuttgart 1912
[2] A HAERPFER, ZS f Verm 52, 1923, S 1
[3] E HAMMER, ZS f Verm 52, 1923, S 361

fnahme, so werden die austretenden Strahlen auch die gleichen horizontalen ıhtungsdifferenzen und Neigungswinkel haben wie die bilderzeugenden ahlen Diese Winkel lassen sich unmittelbar mit einem vor der Kammer

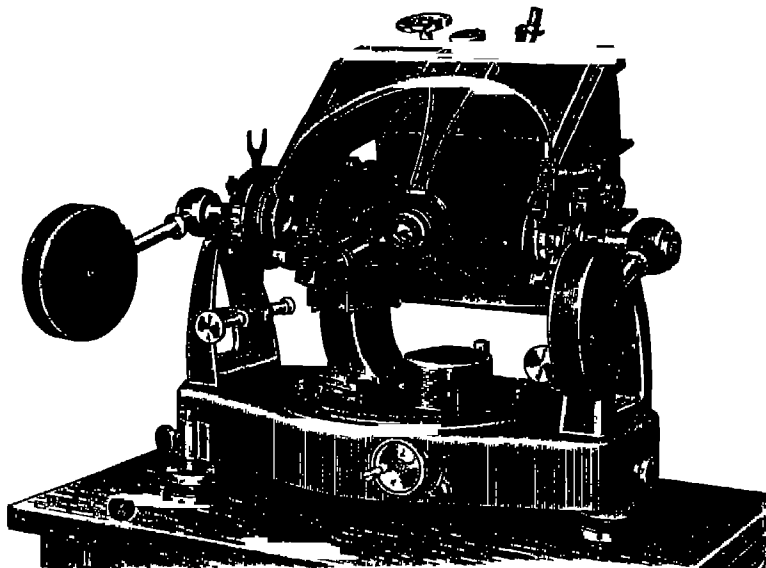



Abb 59 Bildmeßtheodolit nach R. HUGERSHOFF

zustellenden Theodolit messen, mit dessen Fernrohr man durch das Objektiv Kammer hindurch auf die Bildpunkte einstellt Dieses Verfahren ist allen leren Methoden der Richtungsbestimmung aus Photogrammen weit über-ən, weil es fur beliebig im Raum geıtete Aufnahmen ebenso leicht anıdbar ist wie fur solche mit verəler Bildebene und unverkanteter mmer und weil es von den Verıhnungsfehlern des Kammerobjekı unabhängig ist

Abb 60 Schematische Darstellung der Rekonstruktion eines Punktes nach Richtungen

In der Praxis verwendet man Bildausmessung an Stelle der ıntlichen Meßkammer, wie es ıh C KOPPE tat, zweckmaßig en besonderen Bildträger T (Abb Dieser besteht im wesentlichen ı einem Objektiv O vom Typus Aufnahmeobjektivs und einem kantbaren Plattenhalter P, dessen stand vom hinteren Hauptpunkt Objektivs gleich der Bildweite der Aufnahmekammer ist Vor dem Obtiv des beliebig neigbaren Bildtragers ist ein Theodolit Th so angeordnet, ı sich seine drei Achsen nahezu im vorderen Hauptpunkt des Bildtrager ektivs schneiden Eines dieser als „Bildmeßtheodolite" bezeichneten Gee (nach R HUGERSHOFF, Ausfuhrung G HEYDE — AEROTOPOGRAPH G b H, Dresden) ist in Abb 59 dargestellt Seine Kreise gestatten die

Richtungsablesung auf 6″ Er besitzt eine Sondereinrichtung[1] zur Anpassung besondere der Bildträgerbildweite an die Bildweite der Aufnahmekammer, unter thermischen und mechanischen Einflüssen nicht immer konstant ist (S 159ff) Bildmeßtheodolite ohne diese Einrichtung baut die Firma CARL ZE

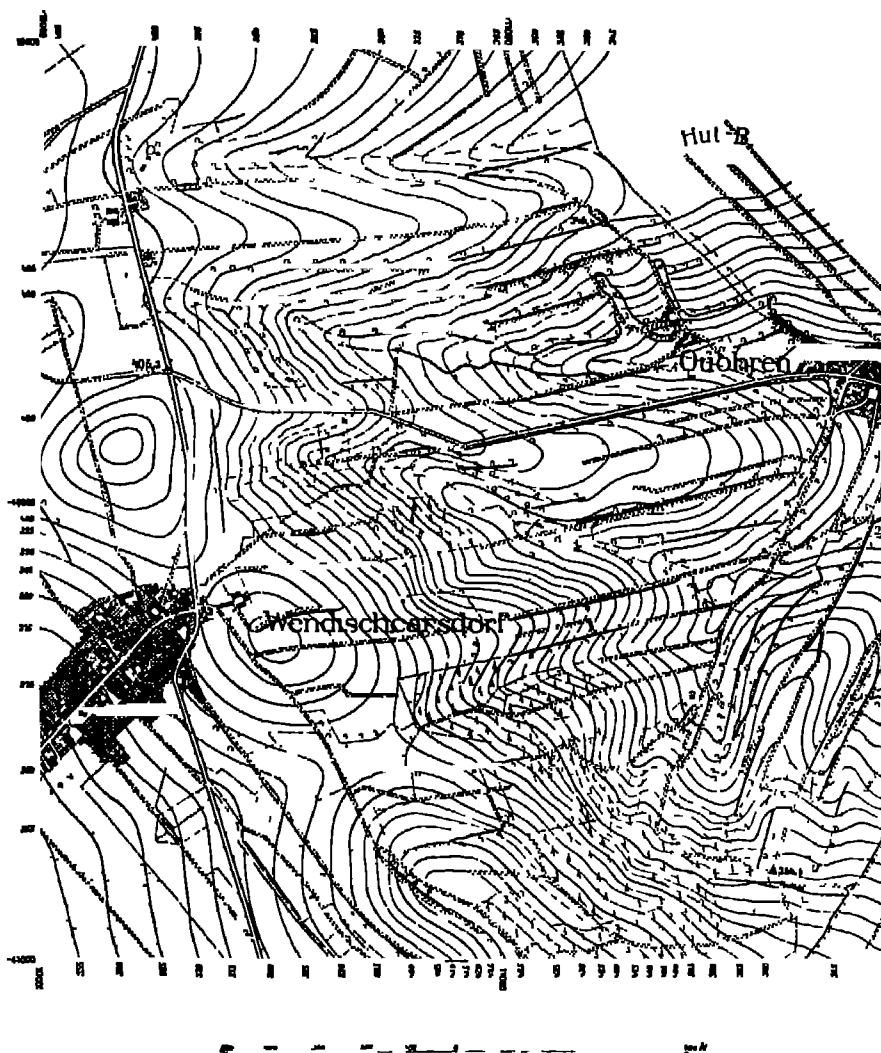



Abb 61 Erste mit Benutzung des Bildmeßtheodolits aus Luftmeßbildern konstruierte Ka

Jena Abb 60 zeigt schematisch die Rekonstruktion eines Punktes aus Luftm bildern nach Richtungen, die im Bildmeßtheodolit bestimmt wurden In Abb ist die erste nach diesem Verfahren hergestellte Karte[2] wiedergegeben

[1] R HUGERSHOFF, ZS f Feinmech 28, 1920, S 55, P SAMEL, Bildmess Luftbildwes 4, 1929, S 74

[2] R HUGERSHOFF und H CRANZ, a a O

13 Berechnung der Objektpunktkoordinaten unmittelbar aus den Bild-ıktkoordinaten. Bei den bisher beschriebenen Methoden des photogram-trischen Vorwartseinschneidens wurde — ganz wie bei dem in der praktischen odäsie gebräuchlichen Verfahren — der einzelne Raumpunkt durch Rekon-uktion des Schnittpunktes der bestimmenden Zielstrahlen ermittelt Soweit se Zielstrahlen, sei es graphisch oder rechnerisch (durch Vermittlung der dpunktkoordinaten), gefunden werden, bedeutet dieses Verfahren einen ıweg Es laßt sich namlich die raumliche Lage eines Objektpunktes in bezug die Grundlinie der Doppelaufnahme auch unmittelbar aus seinen Bildpunkt-ırdinaten herleiten

Das Verfahren, auf das C KOPPE[1] zuerst hinwies, ist allerdings praktisch bei Doppelaufnahmen verwendbar, bei denen die Kammerachsen parallel gestellt waren Besondere Vorteile bietet es dabei, wenn die Kammerachsen mal zur Grundlinie und die Bildebenen genau vertikal (oder auch horizontal, bei Wolkenaufnahmen) waren Diesen „Normalfall" — mit gleicher Höhe Aufnahmestandpunkte — stellt Abb 62 im Grund- und Seitenriß dar In sind die Raumkoordinaten X_1, E_1 l Y_1 des Punktes Q bezogen auf rechtwinkliges Koordinatensy m, dessen Ursprung im (linken) ndpunkt O_1, dessen X-Achse mit der ıs, dessen E-Achse mit der wag-hten Normalen zur Grundlinie und sen Y-Achse mit der Lotlinie durch ı Standpunkt zusammenfallt An nd der Abb 62 erkennt man leicht,

Abb 62 Ableitung der KOPPEschen Formeln für normale Aufnahmen

$$\frac{X_1}{x_1} = \frac{E_1}{f} \tag{1}$$

Zieht man durch O_1 eine Parallele a Bestimmungsstrahl O_2Q_0, so neidet diese mit dem Bildstrahl O_1Q_0 der Bildspur der linken Aufnahme Strecke $x_2 - x_1$ und aus der Objektpunktabszisse X_1 die Strecke B aus olgedessen gilt

$$\frac{B}{x_2 - x_1} = \frac{E_1}{f} \tag{2}$$

ı (1) und (2) folgt

$$X_1 = \frac{B}{x_2 - x_1}\, x_1$$

r

$$X_1 = \frac{B}{p_1}\, x_1 \tag{3}$$

ın mit p_1 die Differenz der beiden Bildpunktabszissen (entsprechend dem le der Basis, vgl S 31) bezeichnet ist Aus (3) folgt in Verbindung mit (1)

$$E_1 = \frac{B}{p_1}\, f \tag{4}$$

ı dem Seitenriß in Abb 62 ist unmittelbar abzulesen

$$Y_1 = \frac{E_1}{f}\, y_1 \tag{5}$$

aus wegen (4) folgt

$$Y_1 = \frac{B}{p_1}\, y_1 \tag{5*}$$

[1] C KOPPE, Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung, Braun-weig 1896

Die Beziehung (3) laßt sich mit Rücksicht auf (4) in folgender Form schreibe

$$X_1 = \frac{E_1}{f} x_1 \quad (3$$

Bei einem Höhenunterschied der Standpunkte ist selbstverständlich in c Gleichungen (3), (4) und (5) die Horizontalprojektion B_0 der geneigten Basis einzuführen, in diesem Falle ergeben sich verschiedene Objektpunkthöh in bezug auf die beiden Standpunkte Fur die Differenz dieser Höhe gilt

$$Y_1 - Y_2 = B_y,$$

worin B_y die Projektion der Basis auf die Y-Achse, d h der Höhenunterschi der Standpunkte, ist Die Differenz ı also konstant für alle Objektpunk (Arbeits- bzw Genauigkeitskontrol vgl S 210)

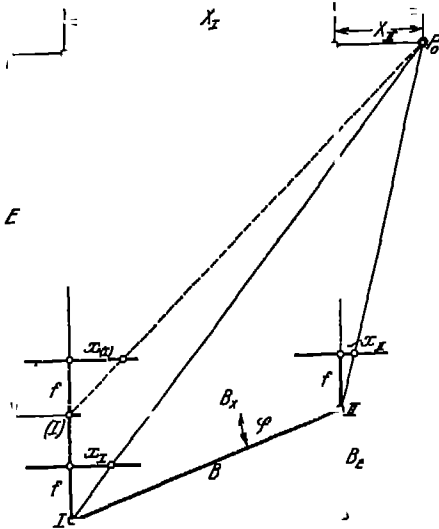



Abb 63 Ableitung der KOPPEschen Formeln für verschwenkte Aufnahmen

Ein allgemeinerer Fall, der „Ve schwenkungsfall" mit horizontal Achsen, ist in Abb 63 im Grundriß da gestellt Hier sind die Richtungen d Aufnahmen in I und II zwar parall aber gegen die Normale zur Basis u den Winkel φ verschwenkt Zur Aı stellung der entsprechenden Berec nungsformeln denkt man sich d Aufnahme I durch eine solche ı Punkte (I) ersetzt, wobei diese E satzaufnahme gemeinsam mit d Aufnahme II zu der parallel z X-Achse liegenden Basiskomponen $B_x = B_0 \cos\varphi$ normal steht B zeichnet man in dieser Ersatzaı nahme die Bildpunktkoordinaten d Raumpunktes P mit $x_{(I)}$ bzw $y_{(}$ so gilt entsprechend den Gleichungen (3), (4) und (5)

$$X_I = \frac{B_x}{(p)} x_{(I)} \quad (\text{[illegible]}$$

$$E = \frac{B_x}{(p)} f \quad (4$$

$$Y_I = \frac{B_x}{(p)} y_{(I)}, \quad (\text{[illegible]}$$

worin

$$(p) = x_{(I)} - x_{II} \quad ($$

Für die Ersatzabszisse $x_{(I)}$ gilt folgende Proportion

$$\frac{x_{(I)}}{f} = \frac{X_I}{E} \quad (\text{[illegible]}$$

Da nun

$$\frac{x_I}{f} = \frac{X_I}{E + B_E} \quad (\text{[illegible]}$$

worin

$$B_E = I\,(I) = B \sin\varphi,$$

so folgt aus (7) und (8)

$$x_{(I)} = x_I + x_I \frac{B_E}{E} \quad (\text{[illegible]}$$

ız entsprechend gilt

$$y_{(I)} = y_I + y_I \frac{B_E}{E} \tag{10}$$

Hilfe der Beziehungen (6) und (9) bzw (10) lassen sich also aus den chungen (3'), (4') und (5') die Raumkoordinaten des Objektpunktes auch bei chwenkten Aufnahmen berechnen

Mit Rücksicht auf die weiter unten zu besprechende direkte Bestimmung „Parallaxe" p aus den Originalaufnahmen empfiehlt es sich, die zur Reduktion Verschwenkungsfalles auf den Normalfall nötige Korrektion nicht an den punktkoordinaten, sondern an dem mit dem unkorrigierten Wert von x_I chneten Wert von E anzubringen Aus (4'), (6) und (9) folgt namlich

$$E = \frac{B_x}{x_I + x_I \frac{B_E}{E} - x_{II}} f,$$

ıus durch eine leichte Umformung gefunden wird

$$E = \frac{B_x}{p} f - \frac{x_I}{p} B_E \tag{4''}$$

diesem Wert ergeben sich dann an Hand der Abb 63 die Gleichungen

$$X_{II} = \frac{E}{f} x_{II} \tag{3''}$$

$$Y_{II} = \frac{E}{f} y_{II} \tag{5''}$$

unmittelbare Berechnung der Objektpunktslage aus den Bildkoordinaten ı bei beliebig im Raum orientierten Aufnahmen ist zwar theoretisch mög- ı das Verfahren ist aber wegen der Kompliziertheit auftretenden Formeln ohne praktische Bedeutung

B. Stereophotogrammetrie: Gemeinsame Bearbeitung der Bildpaare

14. Das Wesen des Verfahrens. Genauigkeit[a] des wärtseinschneidens und seine Abhängigkeit der Identifizierung der Bildpunkte Die Gegkeit einer Lagebestimmung durch Vorwärtseinschneihängt wesentlich ab von der Unsicherheit δ der bemenden Richtungen r_1 und r_2 und der Größe des kels γ an der Spitze P des Bestimmungsdreiecks ı 64) Da sich dieser Winkel aus der Differenz der tungen r ergibt, so ist nach dem Fehlerfortpflanzungsz[3] die dem Winkel an der Spitze des Bestimmungscks anhaftende Unsicherheit

Abb 64 Ableitung des Entfernungsfehlers beim Vorwärtseinschneiden

$$\Delta = \delta \sqrt{2}$$

Aus ihr ergibt sich eine Querverschiebung v des Punktes P

$$v = E \frac{\Delta''}{\varrho''} \tag{1}$$

K HEUN, ZS f Math u Phys, 44, 1899, S 18, A W SPRUNG, Meteorolog ZS, 903, S 414

[a] Weiteres hiezu s S 202 ff

[3] Vgl z B P WERKMEISTER, Einführung i d Ausgleichsrechnung, Stuttgart

und damit näherungsweise der Lagefehler dE des Punktes P

$$dE = \frac{v}{\sin\gamma} = \frac{E}{\sin\gamma} \cdot \frac{\Delta''}{\varrho''}$$

oder, da $E \cdot \sin\gamma = B$ ist,

$$dE = \frac{E^2}{B} \cdot \frac{\Delta''}{\varrho''}$$

Der Entfernungsfehler dE nimmt also ab mit wachsender Basis, fur welche (3) folgt

$$B = \frac{E}{\frac{dE}{E}} \cdot \frac{\Delta''}{\varrho''}$$

Diese Beziehung zeigt die Abhängigkeit der Basisgröße vom relativen E fernungsfehler $\frac{dE}{E}$

Aus der wiederholten Bestimmung der Richtung nach einem und demsell Bildpunkt fanden sich[1] sowohl bei Benutzung des Komparators als auch Bildmeßtheodolits für δ etwa 25″, so daß hienach die mittlere Unsicherheit des Winkels γ theoretisch rund 35″ beträgt Bei einer vorgeschrieben relativen Genauigkeit $\frac{dE}{E}$ der Entfernung von beispielsweise $\frac{1}{1000}$ ergibt s also aus (4) als kleinste zulassige Basis

$$B_{min} = \frac{E}{6}$$

Der angegebene Wert von Δ gilt allerdings nur, wenn die auf den Einzelbild angezielten beiden Punkte identisch sind, d h genau dem gleichen Obje punkt entsprechen Mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Identifizierun fehler wird man also stets mit einem wesentlich größeren (im allgemeinen et dem dreifachen) Fehler des Winkels an der Spitze des Bestimmungsdreie rechnen müssen, als er oben angegeben wurde Eine Kompensierung die Fehlers durch Vergrößerung des Winkels an der Spitze des Bestimmungsdreie bzw durch Vergrößerung der Basis entsprechend der Beziehung (2) bzw ist nicht möglich, da die Schwierigkeiten der Identifizierung der Bildpunl mit dem Größerwerden der Basis wegen der hierbei zunehmenden Versch denheit im Aussehen und in der Beleuchtung der Objektpunkte wachsen Dal hangt die Genauigkeit der Identifizierung außerdem noch von der Beschaffe heit der Objektpunkte ab, in einförmigem Gelande, wie etwa einem Wiese hang, hört die Moglichkeit der Identifizierung und damit einer Rekonstrukti sogar ganz auf

Stereoskopisches Vorwartseinschneiden und seine Genaui keit Zur Ausschaltung der Identifizierungsfehler gibt es nun offenbar zv Moglichkeiten erstens die Verkleinerung des Spitzenwinkels γ durch We eines kleineren „Basisverhaltnisses“ $\frac{B}{E}$ und zweitens die unmittelbare Vergl chung zusammengehoriger Bildpunkte Hinsichtlich der ersteren Moglichk wird man das aus (5) unter Annahme fehlerfreier Identifizierung gefunde Verhaltnis $\frac{B}{E} = \frac{1}{6}$ bei der vorgeschriebenen Streckengenauigkeit 1 1000 freil nur dann verringern durfen, wenn sich Mittel angeben lassen, den Spitzenwinl

[1] R HUGERSHOFF und H CRANZ, a a O Der oben angegebene Wert von entspricht einem linearen Einstellfehler von 0,022 mm bei einer Bildweite von 180 m

ıauer als auf 35″ zu bestimmen Dagegen ist eine unmittelbare Bildver-ıchung ohne weiteres durch binokulare Betrachtung der Bilder moglich, bei diese zu einem „Raummodell" verschmelzen[1] , dieser „stereoskopischen" Betrachtung der Bilder t sich nun ihre Ausmessung verbinden nach einem ı STOLZE[2] angegebenen grundlegenden Verfahren n denkt sich hiezu ein Aufnahmepaar mit zunachst ızontalen und winkelrecht zur ebenfalls horizontalen ıs liegenden Achsen (Normalstereogramm) so in ein reoskop eingelegt, daß der Abstand der Hauptvertika- gleich dem Abstand B der optischen Achsen der Be-chtungslinsen O_1 und O_2 wird (Abb 65) Dabei wer-ı z B die beiden, bei der Betrachtung zu einem ıkt verschmelzenden Hauptpunkte H_1 und H_2, die lbilder des unendlich fernen Punktes in der Auf-ımerichtung, dem Beobachter als unendlich ferner ıkt erscheinen, da er die Teilbilder mit parallelen gachsen sieht Bringt man zwei Zielmarken m_1 und von genau gleicher Gestalt auf die Hauptpunkte H_1 l H_2, so werden auch diese Marken als eine im Fern-ıkt liegende korperliche Marke M erscheinen Eine schiebung v beispielsweise der rechten Marke m_2 längs der Haupt-ızontalen in Richtung auf die Marke m_1 in die Stellungen m_2', m_2'' oder m_2''' ngt die Achse des rechten Auges zu einer entsprechenden immer großer denden Konvergenz gegen die Achse des ten Auges, so daß der scheinbare Abstand $)_1 = e$ der entsprechenden Verschmelzungs-ler („Raummarken") M', M'' und M''' vom bachter immer kleiner wird Dabei wird ser Abstand e genau dem scheinbaren Ab-ıd desjenigen Punktes des Raummodells[3]

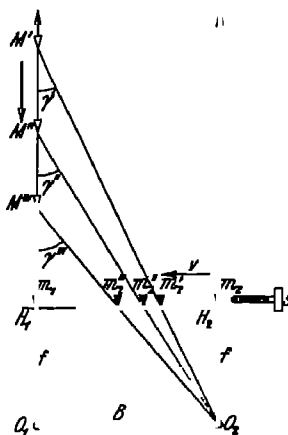



Abb 65 Stereoskopisches Vorwärtseinschneiden

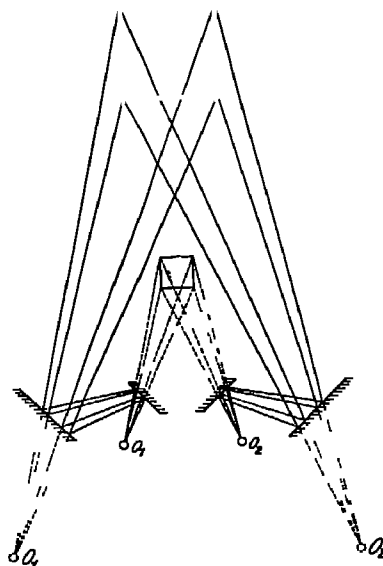



Abb 65* Objekt und Modell

[1] W SCHEFFER, Anleitung zur Stereoskopie, lin 1914, R DITTLER, Stereosk Sehen und ısen, Leipzig 1919, A HAY, Sehen und Messen,) 8 und 9, Leipzig und Wien 1921

[2] Vgl S 4

[3] Über den Charakter dieses optischen Modells Abb 65* nähere Aufklärung Die in dem gro-Abstand $O_1O_2 = B$ aufgenommenen Teilbilder den den beiden Augen o_1 und o_2 mit einem neren Abstand b unmittelbar oder durch Ver-tlung optischer Hilfsmittel (in der Abb 65* ch eine HELMHOLTZsche Spiegelanordnung) dar-oten Die dadurch parallel zusammengescho en Zielstrahlenbüschel liefern ein nähergerück und in allen seinen Dimensionen gleichmäßig leinertes räumliches Abbild des aufgenomme-Objekts Die Annäherung (und damit auch die emeine Verkleinerung) entspricht dem Verhältnis $\frac{B}{b}$, das man die „spezifische stik" nennt Erfolgt jetzt die Betrachtung des Bildpaares durch ein Linsensystem, ı, wie z B am Stereokomparator (s u) eine Vergrößerung v zukommt, so erscheint ıt das Modell wiederum, und zwar v-mal, nähergerückt Das Maß der totalen

entsprechen, auf dessen beiden Teilbildern die beiden Einstellmarken stehen, und der Beobachter hat den Eindruck, als ob die „Raummar Raumpunkt berührt

Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke $M'O_1O_2$ und $O_2H_2m_2'$ folgt

$$M'O_1 = e = \frac{B}{\operatorname{tg}\gamma'} = \frac{B\,f}{H_2m_2'} = \frac{B\,f}{v},$$

worin f die Brennweite der Betrachtungslinsen ist Ist diese Brennweit der Bildweite der Aufnahmekammer, so stellt e den tatsächlichen Ab des eingestellten Raumpunktes von der Aufnahmebasis B' im Maßstab - Der Abstand E und die Richtung O_1m_1 bestimmen nun eindeutig die I Objektpunktes M in bezug auf die Basis B', das Verfahren der „Ra messung" ist also eine besondere Art des Vorwärtseinschneidens, bei (Spitzenwinkel γ nicht durch getrennte, nacheinander vorgenommene Ric messungen, sondern unmittelbar aus einer einzigen Messung, nämlich Verschiebung v, gefunden wird

Dabei ist — wie Gleichung (6) zeigt — diese Abstandsbestimmu abhängig von einem etwaigen Fehler in der Richtung Om_1 Ein solcher würde die Raummarke nur seitlich neben dem Raumpunkt, aber in „Tiefe" mit diesem zeigen

Für die Wahrnehmung von Unterschieden in der Tiefe der Rau und eines benachbarten Objektpunktes besitzt das Augenpaar im allge eine beträchtliche Empfindlichkeit Eingehende, durch die Praxis be Versuche[1] haben ergeben, daß ein normalsichtiger Beobachter unter gü Umständen noch Abstandsdifferenzen dE (vgl Formel (3) S 50), wahrzu vermag, denen ein Fehler Δ des Spitzenwinkels γ von etwa 10″ entspric gibt hienach das stereoskopische Meßverfahren — entsprechend der Bezieh — gegenüber dem geodätischen Vorwärtseinschneiden die Möglichke gleichem Basisverhältnis $\frac{B}{E}$ etwa die vierfache Genauigkeit $\frac{dE}{E}$ zu err oder bei gleicher Genauigkeit mit dem vierten Teil des Basisverhältniss zukommen[2] Dabei sind diese überragenden Vorteile des stereosko Vorwärtseinschneidens nicht wie beim geodätischen Vorwärtseinschneiden Voraussetzung einer vorhergehenden genauen Punktidentifizierung gel Mit der Verschmelzung zweier Teilbildpunkte zu einem Raumpunkt i Identität gleichsam automatisch festgestellt Infolgedessen sind bei Anw des stereoskopischen Verfahrens auch völlig einförmige Oberflächenform

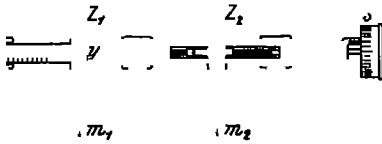
---

Annäherung entspricht jetzt dem Verhältnis $\frac{B}{b}$ v, das man (nach S CZAP „totale Plastik" bezeichnet Mit dieser weiteren Annäherung des Objekts keine weitere Verkleinerung seines Modells verbunden Die Vergrößerung trachtungssystems bewirkt somit eine Deformation des Modells (Kulissenw die aber, da ja der Richtung nach der Zielmarke und nach dem eingestellt punkt die gleiche Deformation zukommt, ohne Einfluß auf das Messungserge Vgl M v ROHR, Die opt Instrumente, Samml Aus Natur u Geisteswelt, Leipzig und Berlin 1911, und A HAY, Sehen und Messen, Leipzig und Wie

[1] C PULFRICH, Stereosk Sehen und Messen, Jena 1911, DERSELBE, Z 1901, S 249

[2] Eine Rechentafel, die bei gegebenem maximalen Punktabstand E u hiefür zulässigen maximalen Fehler dE die erforderliche Basislänge zu ent gestattet, veröffentlichte z B H LÜSCHER (Photogrammetrie, Samml Aus Na Geisteswelt Nr 612, Leipzig und Berlin 1920)

ıhange, Schneehalden, ja sogar Wolken und Wellen der Ausmessung ǵlich

onstruktionsgrundlagen und Gebrauch eines stereoskopi- Meßgerates Zur Demonstration des STOLZEschen Verfahrens ist von ss in Jena ein „Stereomikrometer" (Abb 66) gebaut worden,[1] das in Ver- ıg mit einem gewöhnlichen Linsenstereoskop zu verwenden ist Das nent besteht aus einem Rahmen R, der so über ein im Stereoskop be- ıes Bildpaar zu legen ist, daß die beiden Teilbilder in den Ausschnitten ıhmens erscheinen In diese Ausschnitte ragen die Zeiger Z_1 und Z_2, deren ı m_1 und m_2 auf beliebige zusammengehörige Bildpunkte eingestellt ı können, und zwar durch gemeinsame Verschiebung des Zeigertragers T uebungsablesung an der x-Skala), durch (getrennte) Verschiebung der winkelrecht zum Träger T (Ablesung an der y-Skala) und endlich durch ə Verschiebung des Zeigers Z_2 gegen Z_1 mittels der Schraube s (Ablesung ır besonderen Teilung und an der Schraubentrommel) Da mit Hilfe dieser die Abstande der Bildpunkte sowohl von der Hauptvertikalen (die sen) als auch von der Haupthorizontalen (die Ordinaten) gemessen werden

66 Stereomikrometer von C ZEISS

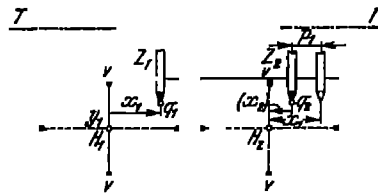



Abb 67 Anwendung des Stereomikrometers

ı, so ist das Stereomikrometer im Prinzip eine Vereinigung zweier Kom- ren (s S 41) zur gleichzeitigen Messung der Koordinaten zusammen- ǵer Bildpunkte (Stereokomparator, s S 55)

ım Gebrauch des Stereomikrometers sind die Teilbilder so in das Stereo- u bringen (Abb 67), daß die Haupthorizontalen parallel dem Zeiger- T sind und die Bildhauptpunkte H in die optischen Achsen der Be- ıngslinsen fallen (s S 57) Hierauf werden die Zeigerspitzen m_1 und m_2 der angegebenen Verschiebungseinrichtungen auf die irgendwie mar- Hauptpunkte eingestellt (stereoskopische Prufung der Einstellung die narke muß in gleicher Tiefe erscheinen wie das Raumbild des Haupt- s) und die entsprechenden Ablesungen ξ_0, η_0, π_0 an den drei Skalen gemacht man nun die Zeigerspitzen auf die zusammengehörigen Bildpunkte q_1 , so ergeben sich zunächst aus den entsprechenden Ablesungen ξ_1 und η_1 ıger und am linken Zeiger die Koordinaten des Bildpunktes

$$x_1 = \xi_0 - \xi_1 \tag{7}$$

$$y_1 = \eta_0 - \eta_1 \tag{8}$$

ı der Teilung fur die seitliche Verschiebung von Z_2 bzw an der Trommel ıraube s liest man (wieder nach stereoskopischer Vergleichung der Raum- s Objektpunktes Q und der Raummarke) die Einstellung π_1 ab, aus der

$$p_1 = \pi_0 - \pi_1 \tag{9}$$

[1] PULFRICH, Int Arch f Photogramm 2, 1911, S 149

wobei p_1, entsprechend dem v in Abb. 65, gleich der Differenz $x_1 - x_2$ der Bildpunktabszissen ist.

Rekonstruktion des optischen Modells. Aus den angeführten Messungsergebnissen lassen sich, zunächst für den Fall, daß die Aufnahmen ein „Normalstereogramm" darstellen (s. oben), die auf den Standpunkt O_1 und die Basisrichtung bezogenen Raumkoordinaten E_1, X_1 und Y_1 jedes am „optischen Modell" eingestellten Objektpunktes mittels einfacher Proportionen ableiten. An der der Abb. 67 entsprechenden Grundrißfigur Abb. 68 erkennt man, nachdem durch die Kartenprojektion Q_0 des Objektpunktes Q eine Parallele zur Basis B und durch den Standpunkt O_1 eine Parallele zur Bildstrahlprojektion $O_1 Q_0$ gezogen wurde, daß

$$E_1 = \frac{B}{p_1} f, \tag{10}$$

worin die Verschiebung (Parallaxe) p_1 (vgl. auch S. 31 u. 33) das Bild der (hier wagrechten) Basis B ist.

Abb. 68. Normalfall der Stereophotogrammetrie.

Entsprechend folgt für die Abszisse X_1 des Punktes Q,

$$X_1 = \frac{B}{p_1} x_1 \tag{11}$$

und für die Höhendifferenz des Objektpunktes gegen den (linken) Aufnahmehorizont

$$Y_1 = \frac{B}{p_1} y_1 \tag{12}$$

Die Formeln (10) bis (12) entsprechen notwendig den auf S. 47 entwickelten KOPPEschen Berechnungsformeln (3) bis (5) für den „Normalfall". Selbstverständlich sind auch die dort für den „Verschwenkungsfall" angegebenen Formeln (3'') bis (5'') für die Rekonstruktion stereoskopisch ausgemessener verschwenkter Aufnahmen unmittelbar verwendbar.

Aus diesen Formeln werden die Raumkoordinaten der Objektpunkte (meist genügend genau mit dem Rechenschieber) berechnet, worauf die Werte E_1 und X_1 zweckmäßig auf Millimeterpapier aufzutragen und die den so gefundenen Einzelpunkten entsprechenden Höhen H_1 über einem gemeinsamen Horizont — gewöhnlich über Normal-Null — beizuschreiben sind. Dabei ergibt sich H_1 aus der nach den üblichen Vermessungsmethoden zu bestimmenden Höhe $H'_{0,1}$ des (linken) Standpunktes (Objektivmittelpunktes) über NN und der Raumkoordinate Y_1 nach der Beziehung

$$H_1 = H_{0,1} + Y_1 \tag{13}$$

Auf Grund dieser erforderlichenfalls wegen Erdkrümmung und Refraktion zu verbessernden[1] Höhenzahlen erfolgt die Konstruktion der Schichtlinien in bekannter Weise durch Interpolation, wobei der Vergleich der Kartierung mit dem Raummodell eine naturgetreue Wiedergabe der Oberflächenformen wesentlich erleichtert.

Die für Normalstereogramme gültige Berechnungsformel (10) läßt erkennen, daß die Horizontalprojektion aller Punkte des Raummodells, denen die gleiche Parallaxe p_1 zukommt, auf einer Parallelen zur Basis im Abstand E_1 liegen, so daß die Gesamtheit aller dieser Raumpunkte ein zur Basis paralleles

[1] Die Korrektion (in cm) ist näherungsweise $+7\ E^2$ (E in km).

fil des Objektes darstellt Die Feststellung beliebiger Punkte dieses Profils
:hieht, nachdem eine passend gewahlte Parallaxe p_1 an der Meßschraube s
b 66) eingestellt wurde, durch einfaches Seitwärtsverschieben des Träger-
ıes T (Ablesung x), worauf die Zeiger Z_1 bzw Z_2 so lange vertikal zu ver-
ıeben sind, bis die Raummarke die Objektfläche scheinbar berührt (Ablesung
Das Kartieren nach parallelen Profilen bietet natürlich auch hinsichtlich
Koordinatenberechnung besondere Vorteile, da fur alle Punkte des Profils
die Beziehungen (10) bis (12)] der Faktor $\frac{B}{p_1}$ konstant ist [1]

Beim „Verschwenkungsfall" ist eine derartige Arbeitserleichterung nicht zu
elen, da hier, wie eine Untersuchung der Gleichung (4'') auf S 49 zeigt,[2] die
ızontalprojektionen der Punkte gleicher Parallaxe auf einem Kegelschnitt
·abel) liegen Aus diesem Grunde, wie auch mit Rücksicht auf die Kom-
ıertheit der entsprechenden Koordinatenformeln ist die punktweise Aus-
tung von verschwenkten Aufnahmen im allgemeinen wirtschaftlich nicht
eilhaft Noch ungünstiger sind die Verhältnisse bei konvergenten oder gar
ɜbig orientierten Aufnahmen (vgl S 49) Man beschrankt sich deshalb in
Praxis auf den Normalfall Die hiefür erforderliche Einhaltung genau
ılleler Aufnahmerichtungen macht besondere Einrichtungen an den Auf-
megeraten notwendig (s S 128, 131)

15 Stereokomparatoren Konstruktionsprinzip Die oben angebene
ɜ Genauigkeit in der Wahrnehmung von Tiefenunterschieden kann durch
rumente von der Art des Stereomikrometers nur in sehr geringem Maße
;enutzt werden Falls die Messung des Spitzenwinkels aus Photogrammen
ɜr möglichen Beobachtungsschärfe entsprechen soll, muß das verwendete
gerät bei einer Aufnahmebildweite von z B 200 mm die Wahrnehmung bzw
ɜung einer linearen Differenz zwischen Meßmarke und Bildpunkt von min-
ens $200 \frac{10''}{206\,265} = 0{,}01$ mm gestatten Dazu ist zunächst erforderlich, daß
und Einstellmarke dem Auge in einer entsprechenden Vergroßerung dar-
ıten werden, die mit einem
ıchen Betrachtungsste-
ɩop nicht zu erzielen ist
erdem müssen die ent-
ɜhend feinen Einstellmar-
mit der Bildebene genau
mmenfallen, um Einstell-
r zu vermeiden Diese
ɜn Hauptforderungen wer-
erfullt, wenn die Betrach-
der Meßbilder mittels

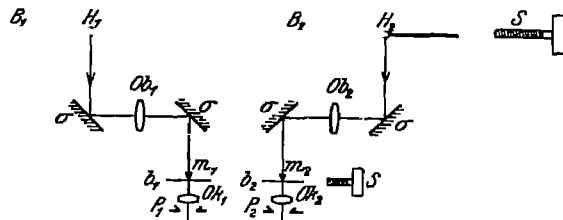



Abb 69 Schematische Darstellung des PULFRICHschen Stereokomparators

ı binokularen Mikroskops erfolgt Abb 69 zeigt schematisch den Schnitt
h die optischen Achsen des Doppelmikroskops eines solchen „Stereokom-
tors", der im Prinzip eine Vereinigung zweier Mikroskopkomparatoren
bb 54 u 55) darstellt und eine Sondereinrichtung zur unmittelbaren Messung

[1] H DOCK, Bildmess u Luftbildwes 2, 1927, S 65
[2] Vgl z B H DOCK, Photogrammetrie und Stereophotogrammetrie, Samml
hen, Bd 699, Berlin und Leipzig 1923
[3] Verwendet werden zumeist keilförmige Marken, deren Spitze zur Einstellung
, oder einfache Punkte Bisweilen erweist es sich als vorteilhaft, beiden Marken
solche Gestalt zu geben (z B je ein gleich großer Kreis mit exzentrischem Punkt),
lie Raummarke selbst als ein Objekt mit Tiefenausdehnung erscheint

der Abszissendifferenzen (Parallaxen) besitzt Von den Meßbildern (Ori negativen oder Diapositiven) *B*, die in geeigneter Weise von rückwärts h leuchtet sind, werden durch die Objektive *Ob* unter Vermittlung der Spi reelle Bilder in den „Bildfeldebenen" *b* entworfen In den gleichen Ebene die Einstellmarken *m* angebracht Die Betrachtung erfolgt durch die Okula deren Vergrößerung, beschränkt durch die Größe des Plattenkornes (S etwa fünffach ist Zur Einstellung beliebiger Bildpunkte sind beide Meß auf einem gemeinsamen Schlitten gelagert, der eine gleichzeitige Verschi beider Bilder in Richtung der Haupthorizontalen gestattet Außerdem läß entweder dieser Schlitten oder das Doppelmikroskop in Richtung der B vertikalen verschieben Die jeweilige Stellung der Schlitten wird an entspre den Skalen auf 0,1 mm abgelesen Durch diese Verschiebungseinrichtungen

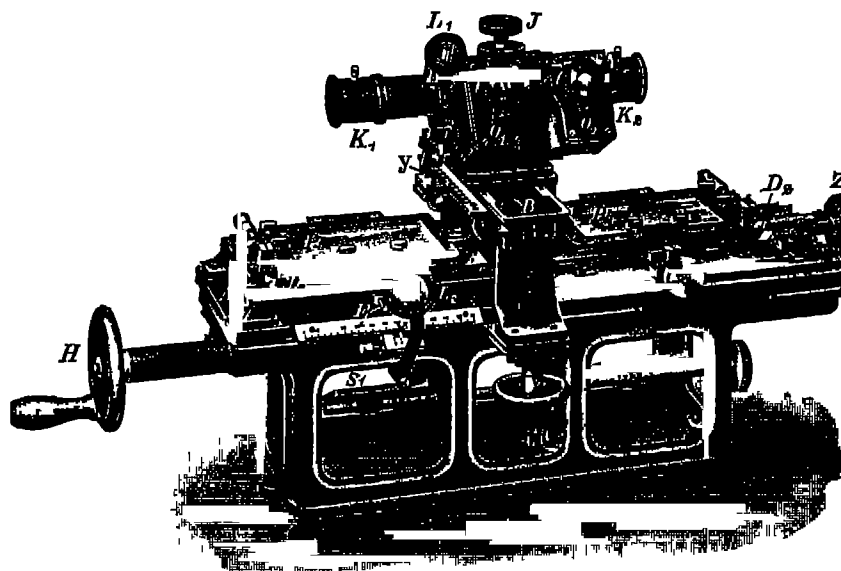



Abb 70 Stereokomparator nach C Pulfrich

im allgemeinen jeweils nur einer der beiden zusammengehorigen Bildp (gewohnlich der linke) an die entsprechende Einstellmarke gebracht w Der andere (rechte) Bildpunkt wird gegen die entsprechende Einstellmark Verschiebung aufweisen, die bei horizontaler Basis der Abszissendif (Horizontalparallaxe) beider Bildpunkte entspricht Ihre Messung kann weder durch Verschiebung der (rechten) Einstellmarke mittels der Schraube aber durch relative Verschiebung des rechten Meßbildes gegen das linke i der Schraube *S* erfolgen Das erste Verfahren entspricht ganz dem Ei vorgang am Stereomikrometer, ist aber unzweckmaßig, da es die ge Abszissendifferenz hier nicht unmittelbar liefert und auch nur bei geringen V der Parallaxe anwendbar ist Bei dem im allgemeinen stets benutzten z Verfahren bleiben beide Einstellmarken unveranderlich fest Das hat u a de teil, daß der Beobachter, ganz unabhangig von der Große des Spitzenw immer mit der gleichen Stellung der Augachsen beobachtet, wahrend ersten Verfahren mit abnehmender Raumpunktentfernung eine immer , werdende Konvergenz der Augachsen eintritt Mit der Zunahme des Konve winkels ist aber eine empfindliche Verminderung der Genauigkeit der T

ırnehmung verbunden Der optısche Effekt emer relatıven Verschiebung der stellmarken oder der Meßbılder ıst ubrigens fur den Beobachter der gleiche er m beiden Fällen den Eindruck, als ob die Raummarke sich nahert oder fernt („wandernde Marke")

Komparator nach C PULFRICH Die erste allgemein bekannt gewordene ıstruktion eines Stereokomparators (Abb 70) ruhrt von C PULFRICH[1] her Meßbılder P_1 und P_2 werden hier mittels der Schrauben D_1 und D_2 so ausichtet, daß die Haupthorizontalen beider Bilder parallel der Verschiebungs-ıtung des Hauptschlittens bzw parallel der Abszissenskala werden Nach stellung der beiden oberen (oder unteren) Bildmarken der Hauptvertikalen tels des Handrades H und der Parallaxenschraube Z (mit stereoskopischer fung der genauen Einstellung) und einer der linken (oder rechten) Bildken der Haupthorizontalen durch Verschiebung des Mikroskopschlittens ndrad V) (Hauptpunkteinstellung) werden die x-, y- und p-Skalen so verıben, daß an jeder dieser Skalen 0,0 mm, bei Einstellung eines beliebigen ımpunktes also unmittelbar dessen Bildpunktkoordinaten x_1 y_1 und dessen

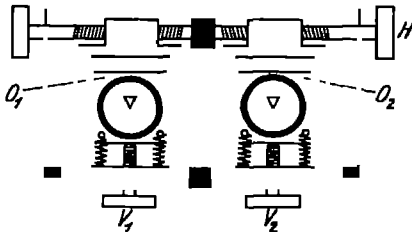



Abb 71 Doppelokular nach R HUGERSHOFF

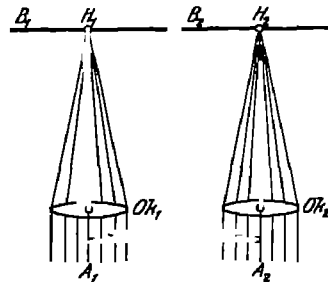



Abb 72 Strahlengang im einfachen Linsenstereoskop

ıllaxe p_1 abgelesen werden Mit diesem PULFRICHschen Stereokomparator le die erste stereophotogrammetrische Gelandeaufnahme[2] durchgefuhrt[3]

Optische Voraussetzungen fur das stereoskopische Messen Die ıchmelzung der beiden im Doppelmikroskop gesehenen Teilbilder zu einem ıchen Modell ist selbstverstandlich nur dann möglich, wenn beide Augen das einsame Bildfeld gleichzeitig uberblicken können Das setzt voraus, daß die Pupillen der Augen an der Stelle der Austrittspupillen der entsprechenden oskope befinden Die Austrittspupillen P (Abb 69), d s die von den laren *Ok* entworfenen reellen Bilder der Objektive *Ob*, lassen sich durch ıche Verschiebung der Okulare verlagern und somit dem individuellen ınabstand des Beobachters anpassen Diese Anpassung geschah an stereoıschen Meßgeraten bisher nur hinsichtlich des wagrechten Augenabstandes aber die Augen bei gerader Kopfhaltung sehr häufig auch einen Hohenrschied aufweisen, so mussen die Okulare notwendig auch vertikal verschiebıein Die hiezu erforderliche, von R HUGERSHOFF[4] angegebene Einrichtung

[1] C PULFRICH, ZS f I 22 1902, S 65, 133, 178, 229

[2] DERSELBE, ZS f I 23, 1903, S 317, vgl auch A v HUBL, Mitt d k u k Mil r Inst, Wien, 22, 1902, S 139, ebenda 23, 1903, S 182, und ebenda 24, 1904, S 143

[3] Außer dem abgebildeten PULFRICHschen Stereokomparator baut die Firma EISS in Jena auch einen Spezialkomparator (Stereometer) für Nahaufnahmen ıner Doppelkammer Vgl S 143

[4] D R P Nr 484059

ist in Abb 71 dargestellt Die auf den Schlitten O befestigt zu denkenden Okul
konnen durch den Trieb H gemeinsam in horizontaler und durch die Schraube
einzeln in vertikaler Richtung verschoben werden [1]

Anders als bei binokularen Mikroskopen liegen die Verhaltnisse bei einfac
Betrachtungsstereoskopen (Abb 72) Hier sind die Okulare (vgl S 53) so
zustellen, daß ihre parallelen optischen Achsen durch die Hauptpunkte (Fe
punkte) gehen Der Forderung, die Teilbilder gleichzeitig überblicken zu könn
wird Rechnung getragen durch Wahl eines genugend großen Linsendurchmess
so daß die Augen A auch bei verschieden großem horizontalen und vertik
Abstand noch innerhalb des austretenden Strahlenbündels bleiben

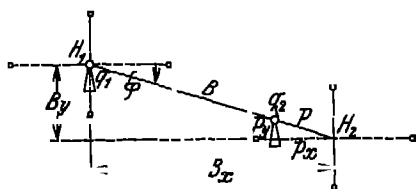



Abb 73 Stereogramm mit geneigter Basis, natürliche Lage

Zu einer Verschmelzung der bei
Teilbilder ist es noch notwendig, daß
durch die beiden Augachsen bestim
Ebene zusammenfällt mit der Ebene
Bestimmungsdreiecks, der „Kernebe
(vgl S 39) des jeweils betracht
Raumpunktes Das ist von Bedeut
fur den noch nicht behandelten Fall
Ausmessung eines Stereogramms,
von den Enden einer geneigten B
aufgenommen wurde In Abb 73 ist
solches Normal-Stereogramm in natürlicher Lage der Teilbilder dargestellt
Entfernung der Hauptpunkte entspricht dabei der (beliebig verjungten) B
B, deren Neigungswinkel φ sei Mit B_x ist die fur die Kartierung in F
kommende Horizontalkomponente der Basis B und mit B_y ihre Verti
komponente bezeichnet Dem linken, der Einfachheit halber im Hauptpu
angenommenen Bildpunkte q_1 ist im rechten Bild der Punkt q_2 zugeordnet

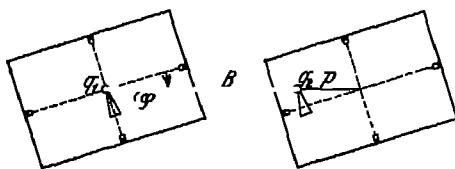



Abb 74 Stereogramm nach Abb 73, nach einer Drehung entsprechend der Basisneigung

Differenz der Abszissen dieser Pu
entspricht der Horizontalkompon
p_x der „totalen" Parallaxe p Für
Berechnung der Raumkoordinaten
Punktes Q kommt offenbar nur d
„Horizontalparallaxe" in Betracht

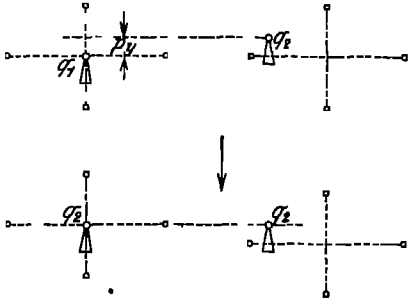
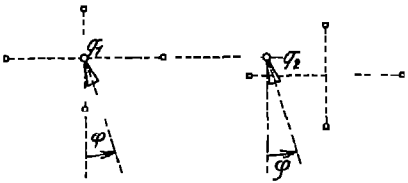
Die stereoskopische Betracht
des vorliegenden Bildpaares in se
„naturlichen" Lage ist nur im einfa
Betrachtungsstereoskop und (entsprechend der obigen Forderung) nur bei e
Rechtsneigung des Kopfes um den Winkel φ möglich Im Stereokompar
ist die Kopfhaltung durch die unveranderlich wagrechte Lage der Ein
marken-Verbindungslinie vorgeschrieben, dementsprechend ware zur Erzie
eines Verschmelzungsbildes die Basis um den Winkel φ in die wagrechte
zu drehen, d h die Meßbilder waren (Abb 74) um den Winkel φ verka
in die Bildschlitten einzulegen [2] Diese Bildlage, bei der das Raummodell
den Winkel φ nach links geneigt erscheint, ist fur die Ausmessung ungeei
da man jetzt die fur die Kartierung erforderlichen Bildpunktkoordinaten
Horizontalparallaxen nicht unmittelbar ablesen kann

Man legt deshalb in der Praxis ganz allgemein die Meßbilder auch bei Ho
unterschieden der Standorte in der ublichen Weise in den Stereokompa

[1] Die Okulare sind außerdem noch mit Drehkeil Paaren ausgerüstet, d
welche die aus den Okularen austretenden Strahlenbündel in die Richtung
Augachsen gelenkt werden

[2] E Doležal, Int Arch f Photogramm 1, 1908, S 116

bb 75) Da die zusammengehorigen Bildpunkte verschiedene Ordinaten ben, deren Differenz der Vertikalkomponente der Totalparallaxe entspricht (Abb 73), ist zur Einstellung der Bildpunkte eine gesonderte Ver-

b 75 und 76 Lage des Stereogramms im Komparator vor und nach Beseitigung der Vertikalparallaxe

b 77 Optische Drehung des Raummodells gemäß Abb 74

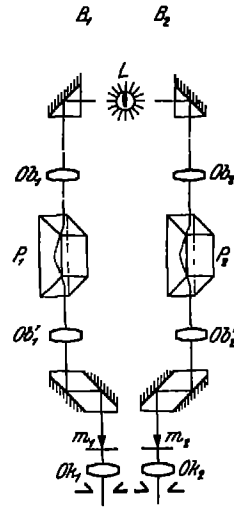



Abb 78 Optisches Betrachtungssystem des Stereokomparators nach R Hugershoff

uebung (Abb 76) des rechten ldes gegen das linke in der y-chtung (Schraube C in Abb 70) orderlich Damit ist nun auch er, wie in Abb 74, die Ebene des ißdreiecks in die Ebene der Mikroskopzielachsen gebracht worden, ie Verschmelzung zum Raumbild aber trotzdem nur unvollkommen d nur in unmittelbarer Nahe des unpunktes Q eingetreten, da hier zur Verschmelzung innerhalb des samten Bildfeldes notige Schiefllung des Raummodells fehlt ese Schiefstellung laßt sich nach iem Vorschlag von R Hugersoff einfach dadurch erzielen, daß in nicht die Originalmeßbilder, ndern deren von den Mikroskopjektiven erzeugte optische Bilder eht[1] (Abb 77)

Abb 79 Stereokomparator nach R Hugershoff

Komparator nach R Hugershoff Zum Zwecke dieser Drehung wird in den Strahlengang eines jeden Mikroskopobjektivs (Abb 78) ein Umkehr-

[1] D R P Nr 358255

prisma[1] (Dovesches Prisma) P eingeschaltet, dessen Drehung um seine Lan achse um den Winkel $\frac{\varphi}{2}$ eine Drehung des Bildes um den Winkel φ bewirkt I Instrument unterscheidet sich auch äußerlich (Abb 79) wesentlich von d Pulfrichschen Stereokomparator Die Meßbilder B liegen hier parallel neb einander, sie konnen sowohl in der x-Richtung als auch in der y-Richtung v schoben werden Dementsprechend erfolgt die Betrachtung durch ein fe stehendes Doppelmikroskop, dessen Okulare Ok die in Abb 71 dargestellte E richtung zur Anpassung der Austrittspupillen an die individuelle Augenlage Beobachters gestatten Die Beleuchtung des gemeinsamen Bildfeldes gesch durch eine kleine, fest gelagerte 4 Volt-Lampe L Die Ablesung der Bildpun koordinaten kann sowohl an Skalen wie auch an Zahlwerken vorgenomn werden

V. Kontinuierlich-automatische Rekonstruktion des Objektes aus einem Bildpaar (Autogrammetrie)

Zu einer kontinuierlichen Übertragung von Linienelementen einer beliebi auf zwei Meßbildern dargestellten Oberflache in ihre Orthogonalprojektio sind besondere Apparate angegeben worden, von denen im folgenden nur (jenigen eingehende Erwahnung finden können, die über einen — zumeist Patentschriften niedergelegten — Entwurf hinausgekommen sind und zur Z praktische Verwendung finden

Alle diese Instrumente mechanisieren im wesentlichen das bereits geschild Verfahren des Vorwartseinschneidens Jeder der beiden den Objektpunkt stimmenden Strahlen wird dabei — entsprechend dem Aufnahmevorgang festgelegt durch den entsprechenden Bildpunkt und das zugehorige Zentr der photographischen Perspektive (Bildstrahl) Der zum Schnitt zu bringer also außerhalb der Aufnahmekammer gelegene Teil des Zielstrahls (Obj strahl) kann dann durch diesen Zielstrahl selbst oder aber durch eine Verkorper desselben (mittels Hebel) dargestellt werden

Im ersteren Falle wird der Strahlenschnittpunkt wahrend der Rekonstr tion im allgemeinen unmittelbar beobachtet und durch eine körperliche Ra marke fixiert Die unmittelbare Beobachtung kann erfolgen unter stereos pischer Betrachtung der Bildpaare (Stereoplanigraph von Deville) oder ui gleichzeitiger oder sukzessiv-intermittierender Projektion der Meßbilder (Dop projektoren nach Scheimpflug in den Ausfuhrungsformen von Gasser, Ni und Ferber)

Im zweiten Falle, dem der Verkorperung der Strahlen, zeigt stets eine tuelle Raummarke (Prinzip von Stolze) die jeweilige Stellung des Hebelschı punktes gegenuber dem virtuellen Raummodell an Die verschiedenen k struktiven Durchfuhrungen dieses Gedankens (Stereoautograph von v O Autokartograph und Aerokartograph von Hugershoff, Autograph von W unterscheiden sich im wesentlichen durch die Art der mechanisch optisc Kupplung zwischen Bildstrahl und Übertragungshebel

Die virtuelle Raummarke kann aber auch bei den Verfahren des ersten F zweckmaßig Verwendung finden So ist das Stereotopometer von Prédhum eine derartige Umbildung des Devilleschen Stereoplanigraphen, wahrend sic Stereoplanigraph von Bauersfeld und der Aerosimplex von Hugershoff aus entsprechenden Umbildung des Doppelprojektors von Scheimpflug erge

[1] Chr v Hofe, Fernoptik, Leipzig 1921

Eine Sonderstellung nimmt das ebenfalls von SCHEIMPFLUG angegebene erfahren der Zonentransformation ein, das allerdings nur eine Approximations- ısung für einen Spezialfall der Aufgabe darstellt Auch von den anderen oben- ·wahnten Instrumenten löst ubrigens praktisch nur ein Teil das allgemeine roblem der Photogrammetrie

A. Spezielle Lösungen der Aufgabe

16. Der Stereoplanigraph nach Deville. Die Konstruktionen von Pulfrich, rendelenburg, Beyerlen und Prédhumeau. Das von E DEVILLE vorgeschla- ɜne[1] Instrument, für das C PULFRICH[2] den Namen Stereoplanigraph nführte, ist in Abb 80 dargestellt Es ist im wesentlichen ein WHEATSTONE- .hes Spiegelstereoskop, dessen Spiegel schwach versilbert und infolgedessen ılb durchsichtig sind Die vor den Blendenöffnungen D zu denkenden ugen des Beobachters erblicken durch Vermittlung der Spiegel ein vir-

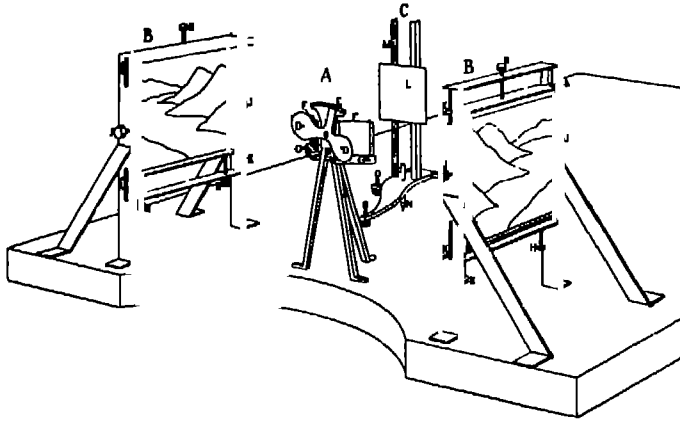



Abb 80 Stereoplanigraph nach E DEVILLE

ıelles Modell des durch die Meßbilder B abgebildeten Objekts In dieses rtuelle Raummodell hinein stellt nun DEVILLE eine körperliche Marke, ımlich einen leuchtenden Punkt L, der mittels des Gestells C horizontal ıd vertikal beliebig verschoben und somit scheinbar mit jedem beliebigen ınkt des Objektmodells zur Deckung gebracht werden kann Ein am Gestell C ıgebrachter Bleistift N markiert dann die Horizontalprojektion des jeweils ngestellten Objektpunktes Beläßt man die Raummarke L in einer bestimmten ɔnstanten Hohe uber der Zeichenflache und verschiebt das Gestell C so, daß L ıunterbrochen in scheinbarer Beruhrung mit der Oberflache des Objektmodelles cibt, so wird N eine Schichtlinie aufzeichnen Das virtuelle Modell des Ob kts ist diesem selbst naturlich nur dann ahnlich, wenn die Lange des gespiegelten trahles vom Hauptpunkt bis zur Blendenoffnung gleich der Bildweite der ıfnahmekammer ist und wenn die Meßbilder B (abgesehen von der konstanten, ırch die Spiegelung bedingten Verschwenkung) im Zeichengerat die gleiche ıentierung gegeneinander und zum Zeichenbrett (Horizont) erhalten, die sie ·ı der Aufnahme hatten Hinsichtlich der außeren Orientierung laßt das Gerat raktisch nur die Ausarbeitung von Normalstereogrammen zu, d h von

[1] Vgl S 40, Fußnote 8
[2] C PULFRICH, ZS f I 23, 1903, S 133

Aufnahmepaaren, die in einer gemeinsamen Ebene liegen, welche bei der c
gestellten Ausfuhrungsform des Instruments notwendig senkrecht sein n
(terrestrische Normalstereogramme mit horizontalen Achsen) Bei einem Höh
unterschied der Aufnahmestandpunkte waren hier, wie in der Abb 80 angedei
ist, die Meßbilder in ihrer Ebene entsprechend vertikal zu verschieben und
schiefer Kopfhaltung zu betrachten, die Meßbilder konnten aber auch bei r
maler Kopfhaltung betrachtet werden, wenn sie entsprechend der Abb
auf S 58 um den Neigungswinkel der Basis verkantet eingelegt würden i
wenn die Zeichnung auf einer besonderen um den gleichen Winkel seitlich
neigten Flache erfolgte Das Gerat laßt sich mit geringen Abanderungen a
für solche Normalstereogramme verwenden, deren gemeinsame Bildebene
liebig geneigt ist In einem solchen Falle ware offenbar die Zeichenfläche in
Blickrichtung entsprechend dem Neigungswinkel der Aufnahmeachsen eb
falls zu neigen In Weiterführung dieses Gedankens könnte das Gerat, falls
praktisch möglich ware, Normalstereogramme mit genau vertikalen Achsen

Abb 81 Auswertegerät für Röntgenstereogramme nach W TRENDELENBURG

Luftfahrzeugen aus herzustellen, auch zur Auswertung solcher Aufnahmen
nutzt werden, nur müßte hier eine vertikale Zeichenflache verwendet und
Raummarke parallel bzw winkelrecht zu dieser Vertikalebene verschoben werd

In die topographische Praxis hat sich das DEVILLEsche Instrument in sei
ursprunglichen Form nicht einfuhren konnen Das liegt zunachst daran, daß
Maßstab des virtuellen Modells, der sich aus dem Verhältnis des Abstandes
Okularblenden zur Lange der Aufnahmebasis ergibt, nicht beliebig vorgeschrie
werden kann und bei terrestrischen topographischen Aufnahmen im allgemei
so groß wird, daß das Auge nicht gleichzeitig auf den nahen Bildpunkt und
ferne Raummarke zu akkommodieren vermag

Dagegen hat sich das DEVILLEsche Prinzip unmittelbar als außerst nutzl
erwiesen fur die exakte Ausmessung von Röntgen-Stereogrammen[1] Hier k
im allgemeinen die Aufnahmebasis der Apparatebasis gleich gemacht werd
so daß das virtuelle Modell des Objekts in unmittelbarer Nahe des Beobacht
und zwar in Originalgroße, entsteht Infolgedessen treten Akkommodatic

[1] W TRENDELENBURG, Stereoskopische Raummessung an Röntgenaufnahm
Berlin, J Springer, 1917, A P F RICHTER, Bildmess u Luftbildwes 2, 1(
S 51, H WENDT, Techn Mitt für Rontgenbetriebe, 1919, C H F MÜLLER A
Hamburg, C BEYERLEN, Bildmess u Luftbildwes 4, 1929, S 67

wierigkeiten nicht auf und die Messungen lassen sich mit großer Genauigkeit chführen Den Bedürfnissen der speziellen Aufgabe besonders angepaßt l die Konstruktionen von TRENDELENBURG und BEYERLEN Die erstere nstruktion (Abb 81) zeigt die gleiche Anordnung der Meßbilder wie beim VILLEschen Vorschlag, dem zwischen Stereogramm und Beschauer erschei-den virtuellen Modell können durch Verschiebung einer DEVILLEschen Raum-rke oder auch unmittelbar mit Hilfe eines Zirkels Maße entnommen werden Gerät von BEYERLEN, dem „Stereoorthodiagraphen" (Abb 82), sind beide

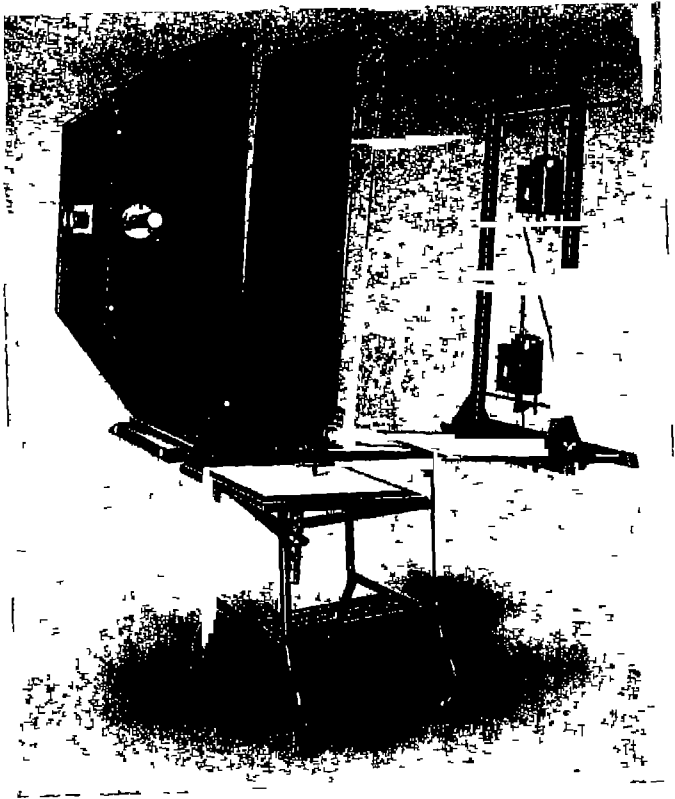



Abb 82 Stereoorthodiagraph nach C BEYERLEN

nahmen in einer gemeinsamen Vertikalebene übereinander angeordnet, wobei eigenartiges Betrachtungsokular die Teilbilder des Stereogramms den entspre-nden Augen zuführt Die Messungen am Modell erfolgen mittels der Schatten er einer seitlich und dem Abstand nach beliebig einstellbaren Raummarke in n eines vertikalen Drahtes und einer an diesem verschiebbaren Höhenmarke h PULFRICH[1] hat eine zur Ausmessung von Röntgenstereogrammen ge-cte einfache Vorrichtung angegeben, deren wesentlicher Teil ein Doppel-lar ist, bei dem mit Hilfe von verschiebbaren einfachen Spiegelprismen drehbaren Rhombenprismen eine Anpassung an den individuellen Augen-and des Beobachters ohne Veränderung der Apparatebasis erzielt wird Eine praktisch beachtenswerte Abänderung erfuhr das DEVILLEsche Prinzip

[1] C PULFRICH, ZS f I 38, 1918, S 17

durch J PRÉDHUMEAU Das Wesentliche der Konstruktion seines „Stereotopometers“[1] zeigt Abb 83 Die Teilbilder B_1 und B_2 eines Normalstereogramms werden entsprechend dem Aufnahmevorgang in der gleichen Ebene, aber in einem unveränderlichen Abstand a nebeneinander gelagert Ihre Betrachtung erfolgt von rückwarts her durch ein HELMHOLTZsches Spiegelstereoskop, das aus den Spiegeln s'' und dem Okular Ok_1 bzw den Spiegeln s' und dem Okular Ok_2 besteht Jenseits der Meßbilder sind die Objektive Ob_1 und Ob_2 so angebracht, daß ihr Abstand von den Hauptpunkten H_1 und H_2 gleich der Bildweite der Aufnahmekammer ist Einem im Objektraum liegenden Punkt Q entsprechen die Bildpunkte q_1 bzw q_2 Bewegt man im Objektraum eine geeignet beleuchtete Raummarke M so, daß ihre durch die Objektive Ob_1 und Ob_2 auf den Meßbildern erzeugten Abbildungen m_1 und m_2 mit den Bildpunkten q_1 und q_2 zusammenfallen, so gibt die Stellung der Raummarke M die räumliche Lage des Objektpunktes Q an Ein mit der Raummarke M verbundener Bleistift zeichnet somit, ganz entsprechend dem DEVILLEschen Vorschlag, beim Entlangführen der Raummarke an der Oberfläche des Raummodells Situations- bzw Schichtlinien auf, wobei der Maßstab der Kartierung gleich dem Verhaltnis des Abstandes a zur Horizontalprojektion der Aufnahmebasis ist Die Brennweite der Objektive Ob_1 und Ob_2 ist so bemessen, daß sich die Raummarke bei mittlerer Lage im Objekt- bzw Kartenraum scharf auf den Meßbildern abbildet Bei anderer Markenstellung ergeben sich notwendig Einstellfehler, die aber dadurch einigermaßen unschadlich gemacht werden daß das Betrachtungsstereoskop (das bei der praktischen Ausführung des Gerätes als Doppelfernrohr ausgebildet ist) mit der Raummarke mechanisch so gekuppelt wird, daß die Blickrichtung immer nahezu in die Richtung der Bestimmungsstrahlen q_1Q bzw q_2Q fällt

Abb 83 Wirkungsweise des Stereotopometers von J PRÉDHUMEAU

Die Raummarke ist (vgl Abb 84) in einem vertikalen Rahmen mittels zweier Handrader vor und zuruck und hoch und tief verschiebbar, der Rahmen selbst kann mittels einer Fußscheibe verschwenkt werden Der Bleistift ist am Markenträger nicht unmittelbar, sondern unter Zwischenschaltung eines Pantographen befestigt, mit dessen Hilfe die horizontalen Komponenten der zunachst in einem „wilden“ Maßstab vor sich gehenden Markenbewegung auf einen vorgeschriebenen Maßstab gebracht werden können Die Originalaufnahmen haben ein Format von etwa 5 × 5 cm, sie werden in einer Doppelkammer nacheinander auf einer Platte vom Format 6 × 13 cm gemacht Die Kammer dient gleichzeitig als Plattenhalter fur das beschriebene Auswertegerat Das Stereogramm kommt nach seiner Entwicklung wieder in die Kammer, dabei werden zwischen Platte und Betrachtungssystem Kollektivlinsen angebracht, um die austretenden Strahlen in die Blickrichtung zu lenken, wahrend vor die Aufnahmeobjektive besondere Vorsatzlinsen gesetzt werden, durch welche die Brennweite dieser Objektive die zwecks Abbildung der nahen Raummarke erforderliche Verkurzung erfahrt

[1] F P Nr 519,841, O KOLLNER Centralztg f Opt u Mech 43, 1922, S 457, J PRÉDHUMEAU, C r 179, 1924

Das Gerat ist in der vorliegenden Form nur für die Auswertung von Normal-
·eogrammen mit horizontalen Achsen brauchbar, obwohl das Devillesche
nzip, wie oben gezeigt wurde, grundsatzlich auch für Normalstereogramme
, beliebig geneigten Achsen anwendbar ist Ein Höhenunterschied der Stand-
e wird dadurch berücksichtigt, daß man die Doppelkammer sowohl bei der
fnahme als auch bei der Montage im Auswertegerat um eine Parallele zu den
ischen Achsen der Objektive entsprechend dem Neigungswinkel der Basis
lich neigt In diesem Fall ist allerdings die auf S 58 ausgesprochene For-
ung, daß die Ebene des Bestimmungsdreiecks mit der durch die Ziellinien
Betrachtungsstereoskops gebildeten Ebene zusammenfällt, nicht erfullt

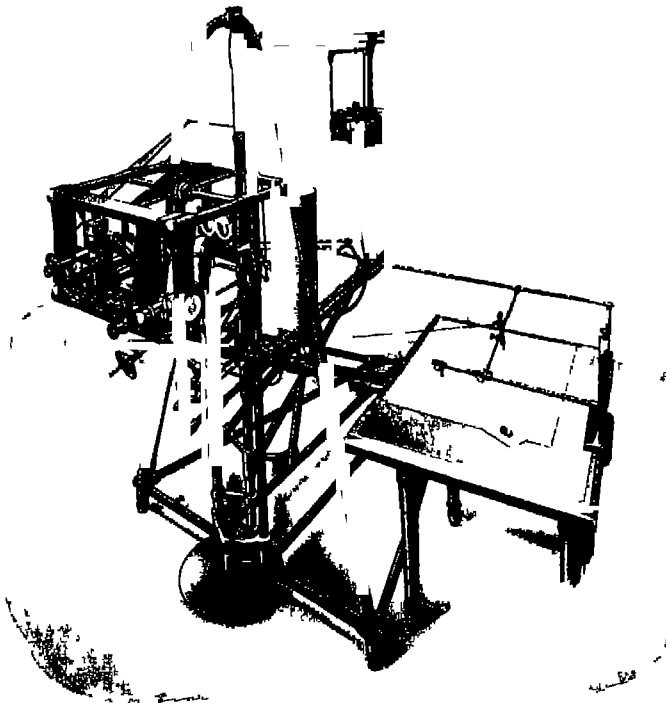



Abb 84 Stereotopometer nach J Prudhumeau

i den zur Verfugung stehenden Abbildungen ist nicht ersichtlich, ob
tel zur Erfullung dieser Bedingung vorgesehen sind und worin diese Mittel
tehen

17. Der Stereoautograph nach E. v Orel. Der Stereoautograph, dessen
e Ausfuhrung 1908[1] von dem damaligen osterreichischen Oberleutnant
v Orel angegeben wurde, ist heute[2] im wesentlichen (vgl die schematische
) 85) eine Verbindung des Pulfrichschen Stereokomparators (s S 56)
einem Hohenlineal L_1' und zwei Horizontallinealen L_1 und L_2, welch letztere

[1] Vgl Int Arch f Photogramm 1, 1908, S 135, ferner E v Orel, Mitt d
tärgeogr Inst 30, 1910, S 62

[2] H Lüscher, ZS f I 39, 1919, S 2, 55, 83 Einzelheiten über den Gebrauch des
rumentes sind angegeben in H Dock, Photogrammetrie u Stereophotogrammetrie
zig u Berlin, 1923 und H Luscher, Photogrammetrie, Leipzig u Berlin 1920

sich um zwei festgelagerte, die Aufnahmestandpunkte darstellende verti
Achsen O_1 und O_2 drehen. Der Stereokomparator ist dabei so eingeric
daß seine beiden Bildhalter mit den Meßbildern B_1 und B_2 unabhängig
einander längs der Führung F_x beliebig seitlich verschoben werden kö
(Abszisseneinstellung). Das Doppelmikroskop läßt sich in der zur Führun
winkelrecht angebrachten Führung F_y verschieben (Ordinateneinstell
Die Horizontallineale sind mit den entsprechenden Bildhaltern durch je e
an letzteren fest angebrachten Zapfen Z gelenkig verbunden, so daß jede
liche Verschiebung der Bildhalter eine bestimmte Drehung der entspreche
Lineale bewirkt. Die Einrichtung ist zunächst so justiert, daß bei Einstel
der beiden Bildhauptpunkte im Doppelmikroskop die beiden Lineale pa
und winkelrecht zur Grundlinie $O_1 O_2$ stehen, entsprechend der Lage der

Abb. 85. Konstruktionsschema des Stereoautographen nach E. v. OREL.

nahmerichtungen bei
malstereogrammen. Fe
ist der Abstand der B
längs deren sich die Za
Z bewegen, von den St
punkten O_1 bzw. O_2 g
der Bildweite f der
nahmekammer. Dem
bewirkt die Einste
eines Bildpunktes mi
Abszisse x eine Dre
des entsprechenden Li
um einen Winkel α,
den gilt

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{f}$$

Dieser Winkel ist (vgl. §
die Horizontalproje
des Richtungsuntersch
zwischen Zielstrahl und
nahmerichtung. Da let
durch das Horizontall
bei $x = 0$ dargestellt
so gibt jedes Lineal di
genüber der Grundlinie orientierte Bestimmungsrichtung, der Schnittpun
beider Lineale also unmittelbar die Horizontalprojektion des Objektpunkte

Wenn die rechte Aufnahmerichtung nicht normal zur Aufnahme
war, die Aufnahmerichtungen also eine Konvergenz oder Divergenz aufwe
so kann diesem Umstand nach einem Vorschlag von K. FUCHS[1] leicht dad
Rechnung getragen werden, daß man dem Horizontallineal L_2 nach Einste
der rechten Meßmarke auf den rechten Hauptpunkt im Drehpunkt O_2 gegen
der rückwärtigen Linealverlängerung $O_2 Z_2$ eine entsprechende Knickung

Die Einstellung beliebiger Bildpunktpaare erfolgt zweckmäßig nicht d
Verschiebung der Bildhalter, sondern durch Verschiebung des Schnittpunkt
der beiden Horizontallineale bzw. des in ihm angebracht zu denkenden Zei
stiftes. Die Verschiebung geschieht dabei durch eine ebene Kreuzschlittenfüh
die aus der längs der Führung F_E gleitenden Querwange W und einem in letz
angebrachten Schlitz besteht.

[1] K. FUCHS, Int. Arch. f. Photogramm. 3, 1912, S. 184.

Die mechanische Bestimmung des Höhenunterschiedes Y_1 zwischen ɔjektpunkt und (linkem) Standpunkt erfolgt unter Zuhilfenahme der Aufriß-ojektion des Zielstrahles auf eine feste, durch die linke Aufnahmerichtung, so winkelrecht zur Grundlinie O_1O_2 gedachte Vertikalebene Für diesen Höhen-iterschied gilt (vgl auch S 47), unter Vernachlässigung der Erdkrümmung id Refraktion,[1]

$$Y_1 = \frac{E}{f}\; y_1,$$

ɔrin E der Abstand der Horizontalprojektion des Objektpunktes, hier also r Abstand der Querwange W von der Grundlinie ist Die mechanische Auf-sung dieser Beziehung geschieht mittels des oben erwahnten Höhenlineals L'_1, ssen Drehpunkt O_1' in der Verlangerung der Grundlinie O_1O_2 liegt und dessen ckwärtige Verlängerung um konstant 90° gegen das Lineal selbst geknickt , Das Höhenlineal ist mit dem Doppelmikroskop M durch den Zapfen Z'_1 lenkig verbunden, so daß eine Verschiebung des Mikroskops unter Vermitte-ng des in F_y' gefuhrten Armes A eine bestimmte Drehung von L'_1 bewirkt e Einrichtung ist so justiert, daß bei Einstellung des (linken) Hauptpunktes ι Doppelmikroskop ($y_1 = 0$) das Lineal L'_1 winkelrecht zur Grundlinie bzw r Querwange W steht und letztere im Punkte N, dem Nullpunkt einer auf W ıgebrachten Skala, schneidet Ferner ist dafur gesorgt, daß der Abstand des 'mes A von der Drehachse O'_1 gleich der Bildweite der Aufnahmekammer ist ɔmentsprechend wird also (Abb 85) nach Einstellung eines Bildpunktes mit r Ordinate y_1 am Hohenlineal bei S' auf der im Abstand E von O_1' befindlichen ala der gesuchte Höhenunterschied Y_1 abgelesen, denn aus der Ähnlichkeit r Dreiecke $O'_1HZ'_1$ und O'_1NS' folgt

$$Y_1 = \frac{E}{f}\; y_1$$

ıch bei der Höhenmeßeinrichtung wird zweckmaßig nicht das Lineal L'_1 ırch das Doppelmikroskop M in Tatigkeit gesetzt, sondern umgekehrt die ıkroskopverschiebung durch eine Drehung des Lineals bewirkt

Bei der praktischen Ausfuhrung des Instruments (Abb 90) erfolgt sowohl ɜ Abstandsänderung der Querwange als auch die seitliche Verschiebung des eistiftes in dieser durch Spindeln, die von zwei Handradern angetrieben ɜrden, die Antriebsspindel fur die Drehung des Höhenlineals wird durch eine ıßscheibe betatigt Durch gleichzeitigen Gebrauch dieser Antriebsmittel ist ın in der Lage, die im Doppelmikroskop gesehene Raummarke bei dauernder ruhrung mit der Modelloberfläche entlang beliebigen Situationslinien zu fuhren, ren Orthogonalprojektion dann vom Zeichenstift kontinuierlich aufgetragen rd Verklemmt man das Hohenlineal mittels einer besonderen Vorrichtung mit r Querwange so, daß es unbeschadet seiner Beweglichkeit im Punkte S' ɜts den gleichen Abschnitt Y_1 auf der Hohenskala abschneidet, wird sich bei liebiger Verschiebung des ebenen Kreuzschlittens die Raummarke zwang-ıfig in einer horizontalen Ebene bewegen, die um Y_1 hoher (oder tiefer) liegt ι der (linke) Aufnahmestandpunkt Bewegt man jetzt mit den beiden Hand-dern die Raummarke so, daß sie dauernd in Beruhrung mit der Modellober-che bleibt, so wird der Bleistift eine Schichtlinie[2] aufzeichnen

[1] Cr ASCHENBRENNER, ZS f I 45, 1925, S 203

[2] Diese automatisch erhaltenen Schichtlinien unterscheiden sich von den durch terpolation gewonnenen meist übermäßig schematisierten Schichtlinien durch ihren ı dahin ungewohnten Reichtum an Feinheiten, der — allerdings für kleinmaßstäbliche ırten — eine nachträgliche Glättung erforderlich macht Vgl hierzu E v OREL, K K Militärgeogr Inst Wien 31, 1911 und K KORZER, ebenda 33, 1914

sich um zwei festgelagerte, die Aufnahmestandpunkte darstellende vert Achsen O_1 und O_2 drehen Der Stereokomparator ist dabei so eingeric daß seine beiden Bildhalter mit den Meßbildern B_1 und B_2 unabhangig einander längs der Fuhrung F_x beliebig seitlich verschoben werden kö (Abszisseneinstellung) Das Doppelmikroskop läßt sich in der zur Führun winkelrecht angebrachten Führung F_y verschieben (Ordinateneinstell Die Horizontallineale sind mit den entsprechenden Bildhaltern durch je (an letzteren fest angebrachten Zapfen Z gelenkig verbunden, so daß jede liche Verschiebung der Bildhalter eine bestimmte Drehung der entspreche Lineale bewirkt Die Einrichtung ist zunachst so justiert, daß bei Einste der beiden Bildhauptpunkte im Doppelmikroskop die beiden Lineale pa und winkelrecht zur Grundlinie $O_1 O_2$ stehen, entsprechend der Lage der nahmerichtungen bei malstereogrammen F ist der Abstand der I langs deren sich die Z Z bewegen, von den S punkten O_1 bzw O_2 g der Bildweite f der nahmekammer Dem bewirkt die Einste eines Bildpunktes mi Abszisse x eine Dre des entsprechenden Li um einen Winkel α den gilt

Abb 85 Konstruktionsschema des Stereoautographen nach E. v ORBL

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{f}$$

Dieser Winkel ist (vgl die Horizontalproje des Richtungsuntersch zwischen Zielstrahl unc nahmerichtung Da let durch das Horizontal bei $x = 0$ dargestellt so gibt jedes Lineal di genüber der Grundlinie orientierte Bestimmungsrichtung, der Schnittpunl beider Lineale also unmittelbar die Horizontalprojektion des Objektpunkte

Wenn die rechte Aufnahmerichtung nicht normal zur Aufnahmc war, die Aufnahmerichtungen also eine Konvergenz oder Divergenz aufw so kann diesem Umstand nach einem Vorschlag von K FUCHS[1] leicht da Rechnung getragen werden, daß man dem Horizontallineal L_2 nach Einste der rechten Meßmarke auf den rechten Hauptpunkt im Drehpunkt O_2 gegei der rückwärtigen Linealverlanderung O_2Z_2 eine entsprechende Knickung

Die Einstellung beliebiger Bildpunktpaare erfolgt zweckmaßig nicht c Verschiebung der Bildhalter, sondern durch Verschiebung des Schnittpunkt der beiden Horizontallineale bzw des in ihm angebracht zu denkenden Zei stiftes Die Verschiebung geschieht dabei durch eine ebene Kreuzschlittenfuh die aus der langs der Fuhrung F_E gleitenden Querwange W und einem in letz angebrachten Schlitz besteht

[1] K FUCHS, Int Arch f Photogramm 3, 1912, S 184

Die mechanische Bestimmung des Höhenunterschiedes Y_1 zwischen Objektpunkt und (linkem) Standpunkt erfolgt unter Zuhilfenahme der Aufrißprojektion des Zielstrahles auf eine feste, durch die linke Aufnahmerichtung, also winkelrecht zur Grundlinie O_1O_2 gedachte Vertikalebene Für diesen Höhenunterschied gilt (vgl auch S 47), unter Vernachlässigung der Erdkrummung und Refraktion,[1]

$$Y_1 = \frac{E}{f}\ y_1,$$

worin E der Abstand der Horizontalprojektion des Objektpunktes, hier also der Abstand der Querwange W von der Grundlinie ist Die mechanische Auflösung dieser Beziehung geschieht mittels des oben erwähnten Höhenlineals L'_1, dessen Drehpunkt O_1' in der Verlängerung der Grundlinie O_1O_2 liegt und dessen rückwärtige Verlängerung um konstant 90° gegen das Lineal selbst geknickt ist Das Höhenlineal ist mit dem Doppelmikroskop M durch den Zapfen Z'_1 gelenkig verbunden, so daß eine Verschiebung des Mikroskops unter Vermittelung des in F_y' geführten Armes A eine bestimmte Drehung von L'_1 bewirkt Die Einrichtung ist so justiert, daß bei Einstellung des (linken) Hauptpunktes im Doppelmikroskop ($y_1 = 0$) das Lineal L'_1 winkelrecht zur Grundlinie bzw zur Querwange W steht und letztere im Punkte N, dem Nullpunkt einer auf W angebrachten Skala, schneidet Ferner ist dafür gesorgt, daß der Abstand des Armes A von der Drehachse O'_1 gleich der Bildweite der Aufnahmekammer ist Dementsprechend wird also (Abb 85) nach Einstellung eines Bildpunktes mit der Ordinate y_1 am Höhenlineal bei S' auf der im Abstand E von O_1' befindlichen Skala der gesuchte Hohenunterschied Y_1 abgelesen, denn aus der Ähnlichkeit der Dreiecke $O'_1HZ'_1$ und O'_1NS' folgt

$$Y_1 = \frac{E}{f}\ y_1$$

Auch bei der Höhenmeßeinrichtung wird zweckmäßig nicht das Lineal L'_1 durch das Doppelmikroskop M in Tatigkeit gesetzt, sondern umgekehrt die Mikroskopverschiebung durch eine Drehung des Lineals bewirkt

Bei der praktischen Ausfuhrung des Instruments (Abb 90) erfolgt sowohl die Abstandsanderung der Querwange als auch die seitliche Verschiebung des Bleistiftes in dieser durch Spindeln, die von zwei Handradern angetrieben werden, die Antriebsspindel für die Drehung des Höhenlineals wird durch eine Fußscheibe betätigt Durch gleichzeitigen Gebrauch dieser Antriebsmittel ist man in der Lage, die im Doppelmikroskop gesehene Raummarke bei dauernder Berührung mit der Modelloberfläche entlang beliebigen Situationslinien zu fuhren, deren Orthogonalprojektion dann vom Zeichenstift kontinuierlich aufgetragen wird Verklemmt man das Höhenlineal mittels einer besonderen Vorrichtung mit der Querwange so, daß es unbeschadet seiner Beweglichkeit im Punkte S' stets den gleichen Abschnitt Y_1 auf der Hohenskala abschneidet, wird sich bei beliebiger Verschiebung des ebenen Kreuzschlittens die Raummarke zwangläufig in einer horizontalen Ebene bewegen, die um Y_1 hoher (oder tiefer) liegt als der (linke) Aufnahmestandpunkt Bewegt man jetzt mit den beiden Handrädern die Raummarke so, daß sie dauernd in Beruhrung mit der Modelloberfläche bleibt, so wird der Bleistift eine Schichtlinie[2] aufzeichnen

[1] Cf ASCHENBRENNER, ZS f I 45, 1925, S 203

[2] Diese automatisch erhaltenen Schichtlinien unterscheiden sich von den durch Interpolation gewonnenen meist übermäßig schematisierten Schichtlinien durch ihren bis dahin ungewohnten Reichtum an Feinheiten, der — allerdings für kleinmaßstäbliche Karten — eine nachträgliche Glättung erforderlich macht Vgl hierzu E v OREL, K K Militärgeogr Inst Wien 31, 1911 und K KORZER, ebenda 33, 1914

Bei einem Höhenunterschied der Standorte treten die früher (S 58) b sprochenen störenden Vertikalparallaxen auf, sie müssen bei dem vorliegend Instrument durch entsprechende, fortlaufend von Hand auszuführende Ve schiebungen des rechten Meßbildes in der y-Richtung (vgl Abb 76, S 5 beseitigt werden

Der Maßstab einer Kartierung mit einer Apparatur gemäß der obig schematischen Zeichnung ergibt sich aus dem Verhältnis des Abstandes a d Drehachse O_1 von der Drehachse O_2 zur Horizontalprojektion B_0 der Aufnahm basis Um einen bestimmten vorgeschriebenen Maßstab des Bestimmung dreiecks $O_1 O_2 S_0$ zu erzielen, wäre, was allerdings aus konstruktiven Gründ praktisch nicht möglich ist, beispielsweise (vgl Abb 86) das Lineal L_2 paral mit sich selbst in die Lage L'_2 zu verschieben, so daß der Abstand der beid Linealdrehachsen $O_1 O_2$ gleich der Horizontalprojektion B_0 der Aufnahmeba im vorgeschriebenen Maßstab würde Dabei käme die Querwange W in c durch den neuen Linealschnittpunkt S'_0 gehende Lage W', die vom Lineal im Punkte S''_0 geschnitten wird Denkt man sich jetzt durch den tatsächlich Linealdrehpunkt O_2 eine Parallele zum Lineal L_1 gezogen, so ergibt der

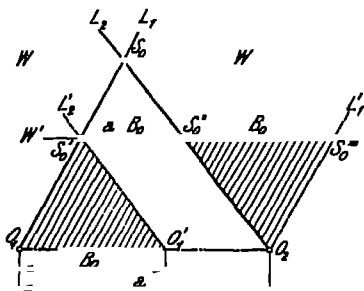



Abb 86 Das Fuchssche Parallelogramm

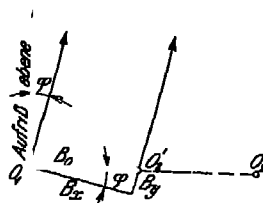



Abb 87 Rechts verschwenkte Aufnahmen, natürliche Lage

Schnittpunkt S'''_0 mit der Querwange W ein Parallelogramm (Parallelogram von Fuchs[1]), an dem sich zeigt, daß

$$S_0' S_0'' = a - B_0$$

sein muß, wenn die Kartierung mit der maßstäblich vorgeschriebenen Ba B_0 erfolgen soll

Man hat also jedem Lineal eine gesonderte Führung S'_0 bzw S''_0 zu gebe beide Führungen sitzen auf einem längs der Querwange gleitenden Verbindun glied (Basisschlitten) von regulierbarer, dem Kartierungsmaßstab entspreche einzustellender Länge Ist diese Länge gleich dem Abstand a der Linealdr achsen, so sind beide Lineale einander parallel und die Basis ist Null (Angrif punkt des Lineals L_2 im „Basisnullpunkt" S_0''') Da sich der Basisschlitt während der Zeichnung stets parallel zu sich selbst verschiebt, so genügt wenn der Bleistift an irgendeiner Stelle starr mit diesem Schlitten verbunden is

Mit der Einführung des Fuchsschen Basisschlittens ergibt sich nun au eine besonders vorteilhafte, ebenfalls von Fuchs[3] angegebene Möglichkeit z

[1] K Fuchs, Int Arch f Photogramm 3, 1912, S 184 Die Einrichtung w häufig fälschlich als „Parallelogramm von Bauersfeld-Pfeiffer" bezeichnet

[2] Da der Zeichenstift also gleichsam mit der Basis $S_0'' S_0'''$ verbunden ist, du deren ebene Parallelverschiebung die Kartierung vor sich geht, so kann man letzt auch als ein „Rückwärtseinschneiden mit orientierten Richtungen" auffassen

[3] K Fuchs, Int Arch f Photogramm 3, 1912, S 184

sarbeitung von verschwenkten Aufnahmen Ein z B rechts verschwenktes fnahmepaar hätte die in Abb 87 dargestellte Lage zur Grundlinie O_1O_2 r Bedingung, daß die linke Aufnahmerichtung winkelrecht zur Apparate- ındlinie O_1O_2 stehen muß, kann man dadurch genugen, daß man die Auf-

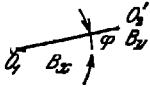



Abb 88 Rechts verschwenkte Aufnahmen Lage im Auswertegerät

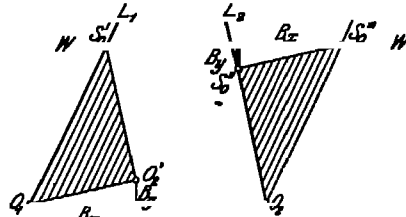



Abb 89 Basisausrückung bei verschwenkten Aufnahmen nach K Fuchs

ımebasis $O_1O'_2$ um O_1 schwenkt, und zwar um den Winkel φ Damit kommen ›b 88) die Aufnahmerichtungen in die vorgeschriebene winkelrechte Lage zur parategrundlinie O_1O_2 Zur Erzielung dieser Verschwenkung ist es nicht not- ıdig, den Linealdrehpunkt O_2 selbst zu verlagern, was ubrigens aus kon-

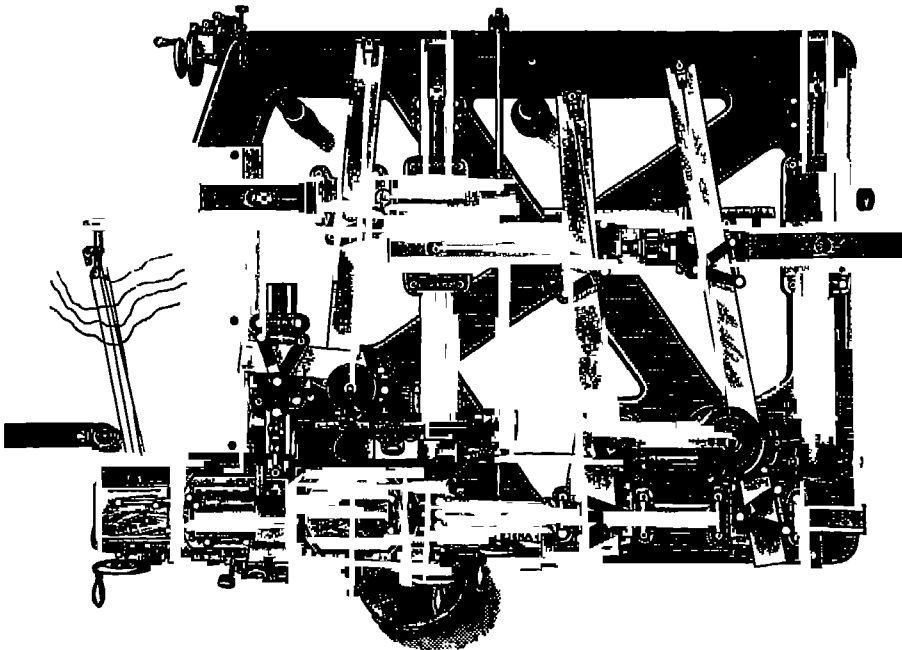



Abb 90 Stereoautograph nach E v Orel (Draufsicht)

ıktiven Grunden hier undurchfuhrbar ware, es genugt vielmehr, entsprechend Abb 89, den Angriffspunkt S''_0 am Basisschlitten in eine solche Lage zu ıgen, daß die einzustellenden „Basiskomponenten“ B_x (Basisstamm) und B_y ısisausruckung) als Katheten den Bedingungen genugen

$$B_x = B_0 \cos\varphi \qquad B_y = B_0 \sin\varphi$$

se Vorrichtung zur Ausarbeitung von parallel verschwenkten Aufnahmen ıbt in Verbindung mit der Knickbarkeit des rechten Lineals die Moglichkeit

zur Ausarbeitung von beliebig gerichteten Aufnahmen, sofern nur die Aufnahr achsen horizontal waren [1] Zu dem Zwecke ist die Basis entsprechend dem V schwenkungswinkel der linken Aufnahme einzustellen, so daß die linke A nahmerichtung winkelrecht zur Apparatebasis $O_1 O_2$ wird, wahrend das rec Lineal um den Konvergenz- oder Divergenzwinkel beider Aufnahmen knicken ist

Abb 90 zeigt den von C ZEISS in Jena gebauten Stereoautographen[2] der Draufsicht In Abb 91 ist ein Teil des uberhaupt ersten in kontinuierli automatischer Zeichnung erhaltenen Schichtenplanes dargestellt, der mit dem v OREL schen Gerat 1909 im Militär-Geographischen Institut in Wien gezeichnet wurde In Abb 92 ist das Teilbild eines Stereogrammes wieder-

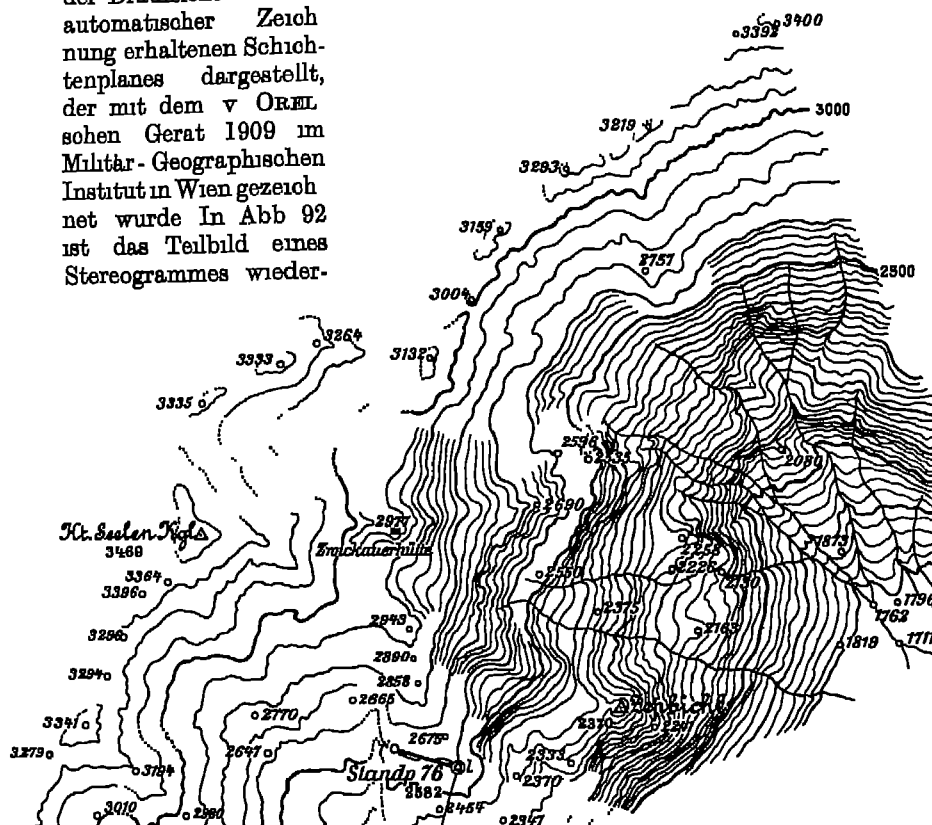
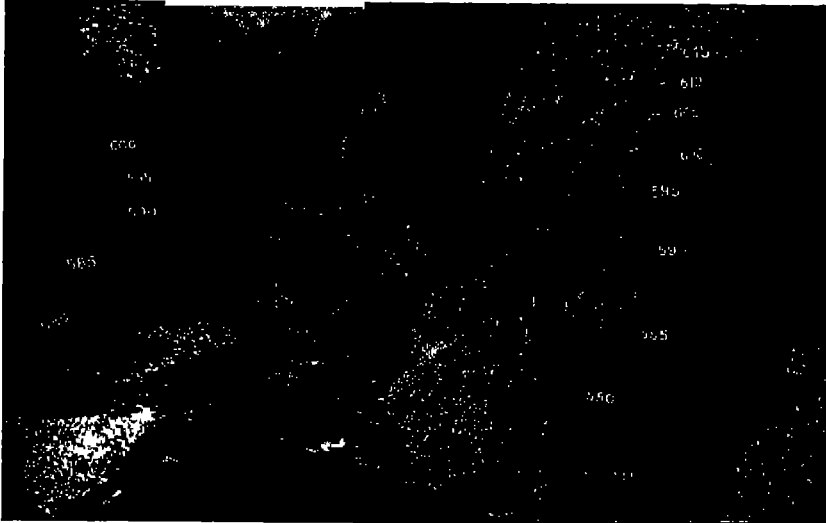



Abb 91 Ausschnitt aus dem ersten kontinuierlich-automatisch gezeichneten Schichtenpla

gegeben, die dann sichtbaren Linien sind die Perspektiven der automati gezeichneten Schichtlinien Diese Linien entsprechen dem Wege der lin Einstellmarke im linken Meßbild und werden dementsprechend durch ei

[1] Falls das Gerät mit einem Koordinatographen (vgl S 74 u S 91) einer ähnlichen Einrichtung (zylindrische Zeichenfläche am Autokartograp S 86ff) verbunden wird, können mit ihm auch solche Aufnahmepaare kontinuier ausgewertet werden, deren Aufnahmeachsen einer vertikalen Ebene angehö Weitere Zusatzeinrichtungen, durch welche die kontinuierliche Ausarbeitung ungefähr senkrechten Aufnahmen ermoglicht wird, wurden 1919 von E WOLF a geben und praktisch durchgeführt Vgl auch W SANDER, ZS f I 42, 1922,

[2] Ein für Unterrichtszwecke sehr geeignetes Modell dieses Gerätes wird von PHOTOGRAMMETRIE G m b H in München gebaut

n Doppelmikroskop befestigten Zeichenstift auf einem seitlich vom Bildhalter s linken Meßbildes angebrachten Papierabzug der Aufnahme (vgl Abb 90) lbsttatig aufgezeichnet

ɔ 92 Teilbild eines Stereogramms mit automatisch gewonnenen perspektiven Schichtenlinien (Aufnahme der PHOTOGRAMMETRIE G m b H, München)

18. Der Autograph nach Wild. Die im ORELschen Stereoautographen angewandte ·thode der indirekten Richtungsgewinnung rch mechanische Auflosung der zwischen jektstrahl und Bildpunktkoordinaten behenden Beziehungen (vgl S 41) ist prakɔh nur fur die einfachste Form dieser Behungen anwendbar, nämlich für den Sonderl, daß der Neigungswinkel der Aufnahmen ;en die Horizontale (bzw die Grundebene ı Instrumentes) Null ist [1] Es liegt deshalb Gedanke nahe, die Kartierungseinrichtung ht an einen Doppelkomparator, sondern an Paar der gebrauchlichen Bildmeßtheodolite ·uschließen, die, wie auf S 44 dargestellt rde, die Richtungswinkel den Meßbildern jeder beliebigen Neigung derselben unɔtelbar entnehmen lassen [2]

Abb 93 Bildmeßtheodolit nach PORRO

Verwirklicht wurde dieser Gedanke erstlig 1919 im Autokartographen nach R HUɑSHOFF (vgl S 86), der seiner Konstrukn die Normalform eines KOPPEschen Bildßtheodoliten zugrunde legte, in dem das Meßbild wahrend der Winkelnahme seine Orientierung zum Horizont beibehält

Im Gegensatz hierzu wahlte der Schweizer Ingenieur H WILD fur seinen

[1] Man vergleiche hierzu W SANDER, ZS f I 41, 1921, S 1, 33, 65

[2] P SAMEL, Centralztg f Opt u Mech 47, 1926, S 138, 152, 166, 184

1926 erstmalig gezeigten Autographen[1] die in Abb 93 dargestellte, von P
1871 angegebene Konstruktion eines Bildmeßtheodolits, die aber den V
der unmittelbaren Richtungsentnahme nicht bietet Bei dem Porro
Instrument ist namlich das zur Bildpunkteinstellung dienende Fernro
wahrend der Messung fest gelagert,[2] dementsprechend muß die Einstellun
Bildpunkte durch Drehung des Plattenhalters C um seine horizontale Ac
und seine vertikale Achse A vorgenommen werden Bei dieser Art der P
einstellung wird die Orientierung des aus dem Objektiv O austretenden Stra
büschels gegen den Horizont zerstort, so daß die an den Kreisen c_1 bz
gemachten Ablesungen mit Richtungsfehlern behaftet sind Die I
ablesungen ergeben nur die jeweilige Neigung und Richtung der optischen
des Bildtragers, wären diese Richtungswerte identisch mit den Richt
winkeln des gerade eingestellten Bildstrahles, so würde (Abb 94) ein am
trager C parallel zu dessen optischer Achse angebrachter Hebel L („raum
Lenker") den Objektstrahl unmittelbar verkörpern Bei Benutzung von
in der richtigen Orientierung zueinander und zum Horizont aufgestellten
artigen Bildmeßtheodoliten wurde also der Schnittpunkt der beiden R
lenker den Objektpunkt selbst darst
Wegen der Korrektion der Richtungs
siehe S 75

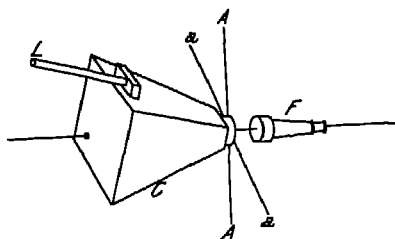



Abb 94 Bildträger nach Porro mit Raumlenker

Auf Grund dieser Überlegung konstr
Wild seinen Autographen, der schem
in Abb 95 wiedergegeben ist Die Bild
C_1 bzw C_2 sind hier aus konstruktiven
den um konstant 90° gegen ihre ursprun
Richtung geneigt, so daß bei horizon
Aufnahmerichtung die Meßbilder wag
liegen Dementsprechend ist zwischen
Objektiven jedes Bildtragers und des
sprechenden Fernrohres je ein Spiegelprisma P_1 bzw P_2 angeordnet, d
austretenden Strahlen wieder in die ursprungliche Richtung zurückfuh

Die Bildtrager können, wie bei dem Porroschen Instrument, um j
horizontale Achse gekippt und um eine Stehachse gedreht werden Dabe
die Bildpunkteinstellung in der y-Richtung durch die Kippung, die Einst
in der x-Richtung durch die Drehung der Bildtrager bewirkt, an dieser Dr
mussen naturlich die Prismen P_1 und P_2 teilnehmen Die Beobachtung e
mit Hilfe des in Abb 95 durch die Prismen p_1', p''_1 und das Okular Ok_1
durch die Prismen p_2', p_2'' und das Okular Ok_2 gekennzeichneten Doppelfern
das fest auf dem Kipplager K befestigt ist Das letztere ist bei parallel gen
Aufnahmerichtungen (geneigten Normalstereogrammen) um den gemein
Neigungswinkel zu kippen Unter Verzicht auf die Möglichkeit zur Messu
Horizontalrichtung der Bildträger hat Wild aus konstruktiven Grund
Stehachsen der Bildtrager ebenfalls in feste Verbindung mit dem Kip
gebracht, so daß diese Stehachsen und die auf ihnen befestigten Ablenk
prismen P_1 und P_2 an der Fernrohrkippung teilnehmen Diese Kippu

[1] H Härry, Referatensammlung, Brugg (Schweiz) 1926, E Bere
Schweiz ZS f Verm u Kulturtechn 27, 1929, S 49, E Baeschlin, e
S 110, 123, Haerpfer A, ebenda, S 179, E Berchtold, Bildmess u
bildwes 4, 1929, S 97

[2] Das Fernrohr muß dabei vor Beginn der Messung entsprechend dem Nei
winkel der Aufnahme gekippt werden, das Originalinstrument Porros wa
Abb 93 zeigt, nur für wagrechte Aufnahmen brauchbar

ɜrdings aus mechanischen Gründen nur innerhalb gewisser Grenzen ausɪrbar

Zur Bearbeitung von parallel verschwenkten terrestrischen Aufnahmen und ı genau senkrecht aufgenommenen Luftmeßbildern mit Höhenunterschieden Standpunkte wird am WILDschen Gerät die Verbindungslinie der beiden, Aufnahmestandpunkte wiedergebenden Mittelpunkte der Bildträgerobjektive ɔst verschwenkt, und zwar durch eine Verschwenkung des Kipplagers K um Achse V längs der Gleitbahn V' Da diese Verschwenkung, die eine wesentıe Komplikation des Geräts darstellt, nicht zentrisch um einen der Standpunkte chieht, hat sie mancherlei Nachteile, besonders hinsichtlich der Orientierungstimmung der Meßbilder [1] Etwaige Differenzen in den Neigungen und

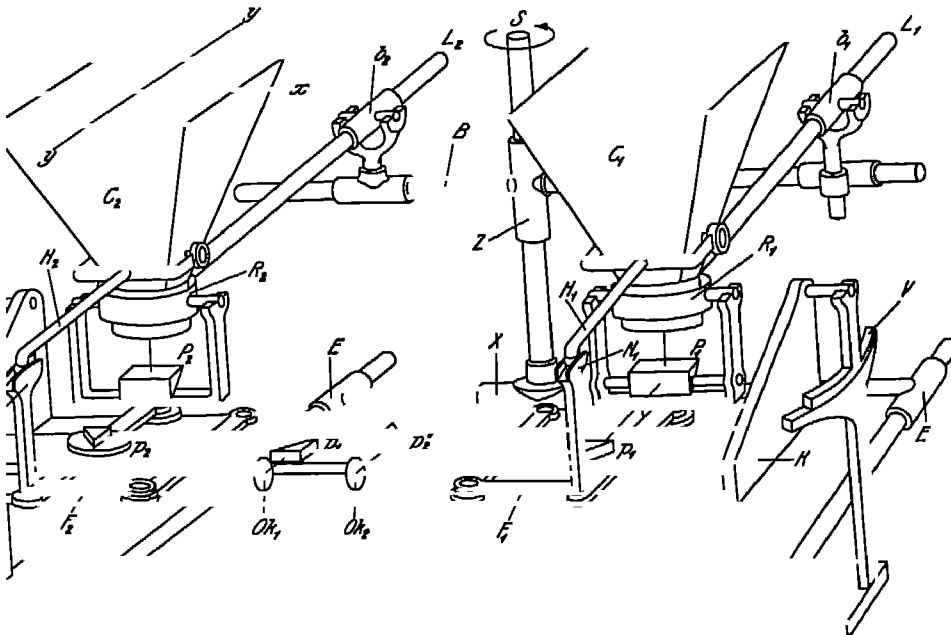



Abb 95 Konstruktionsschema des Autographen nach H WILD

htungen der Aufnahmeachsen konnen durch entsprechende Nachstellung der ɜmen P_1 oder p'_2 berucksichtigt werden Aber auch hier sind Abweichungen Aufnahmerichtung von der Normallage aus optischen Grunden nur in beranktem Maße zulassig

Die zur Bildpunkteinstellung erforderliche Drehung und Neigung der ldträger wird diesen durch die mit ihnen verbundenen Raumlenker L_1 und L_2 ʼilt, denen zu diesem Zwecke beliebige Richtungen im Raume gegeben werden ınen Die Richtungsanderungen werden durch einen raumlichen Kreuzlitten bewirkt, der aus dem Höhenschlitten Z, dem Abszissenschlitten X und ı Abstandsschlitten E, besteht, wovon der erstere (vgl Abb 96) durch eine ɜscheibe, die beiden letzteren aber durch Handrader angetrieben werden Am henschlitten Z (s Abb 95) sitzt die Basisbrucke B,[2] mit der die Raumlenker

[1] Vgl auch O v GRUBER, Vermessungstechn Rundsch 3, 1911, S 162ff

[2] Diese Basisbrücke läßt sich um die Höhensäule S drehen, die Drehbarkeit notwendig zur Ausarbeitung von Luftmeßbildern mit nicht genau vertikalen

durch die Lenkerbuchsen b_1 und b_2 gleit- und drehbar in Verbindung stehen D
Einstellung eines vorgeschriebenen Kartierungsmaßstabes geschieht in ähnlich
Weise wie am v ORELschen Stereoautograph (vgl Abb 86) Die auf der Basi
brücke B verschiebbaren Lenkerbuchsen b sind so einzustellen, daß die Differen
ihres Abstandes gegen den festen Abstand der Objektivmitten der Bildträg
gleich der vorgeschriebenen Basis wird Da die Schnittpunkte der Drehachse
der Lenkerbüchsen die Standpunkte verkörpern (vgl S 68 Anm 2), läßt sich hi
ein Höhenunterschied derselben durch entsprechende vertikale Verschiebung d
einen Lenkerbuchse b_1 berücksichtigen, so daß Vertikalparallaxen nicht auftrete

Die Wirkungsweise des Gerätes ist ähnlich wie die des Stereoautographe
Die im Doppelfernrohr gesehene Raummarke läßt sich durch gleichzeitige B
tätigung aller drei Ei
stellvorrichtungen an b
liebigen Situationslinie
des Raummodells entlan
führen, für die Schicl
tenzeichnung ist bei wag
rechten und Schrägau
nahmen die Raummark
durch ausschließliche B
nutzung der beiden Hand
räder in dauernder Berül
rung mit der Modellobe
fläche zu halten Senk
rechtaufnahmen werde
genau so in das Gerä
gelegt wie Aufnahme
mit horizontalen Achsen
Infolgedessen erschein
das Objektmodell um 9
gekippt, also in vertikal
Lage Dementsprechen
erfolgt die Situation
zeichnung durch Ve
schiebung des X- un
Z-Schlittens, während die Höhenmessungen mit Hilfe des E-Schlittens vorg
nommen werden

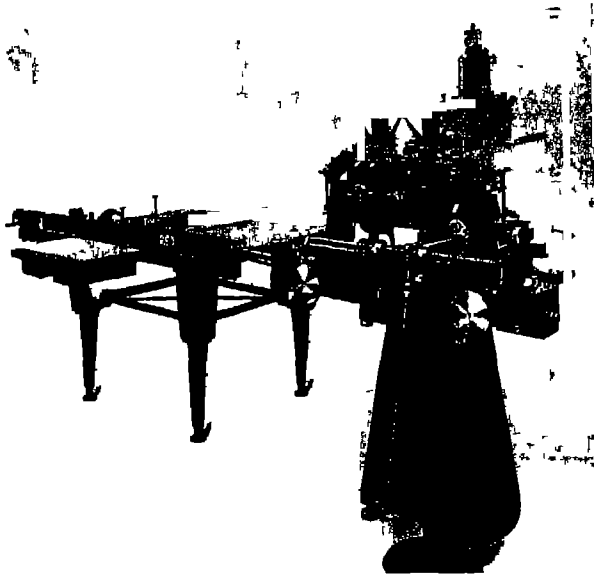



Abb 96 Autograph nach H WILD

Die Orthogonalprojektion des jeweiligen (ideellen) Schnittpunktes der beide
Raumlenker wird hier nicht durch einen unmittelbar am Basiskörper angebracht
Bleistift aufgezeichnet, die Kartierung erfolgt vielmehr auf einem seitlich vo
Meßgerät aufgestellten besonderen Zeichentisch (Koordinatographen), d
Zeichenstift wird durch einen ebenen Kreuzschlitten angetrieben, dessen A
triebsspindeln bei wagerechten und schrägen Aufnahmen mit den Antrieb
spindeln des E- bzw X-Schlittens, bei Senkrecht- und Steilaufnahmen aber m
den Antriebsspindeln des Z- bzw X Schlittens zu kuppeln sind

Die oben gemachte Annahme, daß die Lage des mit dem Bildträger fe
verbundenen räumlichen Lenkers der Lage des entsprechenden Objekt- bzw
Bildstrahles entspräche, ist, wie einleitend ausgeführt wurde, nicht richti
Infolgedessen wird der im Betrachtungsfernrohr gesehene Bildpunkt nicht m

Achsen und einer Höhendifferenz der Standpunkte Man vergleiche hiezu die wesen
lich einfachere Konstruktion der Universal Ausmeßgeräte Wegen der Nachtei
der Exzentrizität auch dieser Drehung vgl oben S 73, Fußnote 1

ıjenıgen Bıldpunkt übereınstımmen, dessen Bıldstrahl der Raumlage des zuorıgen Lenkers entsprıcht Es läßt sıch nun zeıgen,[1] daß der fehlerhaft eintellte Bıldpunkt und der rıchtıge Bıldpunkt auf eınem Kreıs lıegen, dessen telpunkt der Hauptpunkt der Aufnahme ıst Um dıesen rıchtıgen Bıldpunkt dıe Zıelmarken des Beobachtungsfernrohres zu brıngen, ıst dem Bıldtrager eıls eıne bestımmte Drehung um seıne optısche Achse zu erteılen Der entsprechende Drehungswınkel ϱ ıst abhängıg von der Lage des Bıldpunktes, und ır gılt nach BAESCHLIN[1]

$$\operatorname{tg} \varrho = \frac{\sin \alpha \quad \sin \beta}{\cos \alpha + \cos \beta}$$

rın ıst — mıt x und y als Bıldpunktkoordınaten —

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{f}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{y}{f} \quad \cos \alpha$$

Ermöglıchung dıeser Sonderdrehung des Bıldträgers hat WILD, unter wesenter Komplıkatıon seınes Gerates, den Raumlenker nıcht unmıttelbar mıt dem ıtrager, sondern (Abb 95) mıt eınem Rıng R verbunden, ınnerhalb dessen Bıldtrager unabhangıg von seıner Kıppachse gedreht werden kann Dıe ıderdrehung erfolgt zwangläufıg mıttels eınes Korrektıonshebels H, sen freıes Ende ın der besonders gestalteten Fuhrungsnut N gleıtet, dıe durch ɜ von der Stehachse des Bıldtragers betätıgte Parallelogrammführung F allel mıt sıch selbst verdreht wırd und dadurch beı gewıssen Lagen des Raumkers dem Bıldtrager dıe zusatzlıche Drehung ϱ „mıt aller wünschbaren Geıgkeıt“[2] erteılt

Das optısche System zur Bıldbetrachtung ım WILDschen Instrument, das ən Übergang von den Spezıalınstrumenten zu den auf S 86ff beschrıebenen ıversalgeraten darstellt, zeıgt vor allem wegen der hıer gewählten PORROschen leınstellung ım ruhenden Fernrohr eınen sehr eınfachen Aufbau, eın Vorzug, aber selbstverstandlıch dıe durch dıese Eınfachheıt bedıngten Nachteıle[3] ıt aufhebt

19. Das Zonenverfahren nach Scheimpflug Konstruktıon von Brock & ymouth. Denkt man sıch eın räumlıches Objekt — der Eınfachheıt halber ən geraden Kreıskegel mıt vertıkaler Achse — auf zweı Meßbıldern B_1 und B_2 vertıkaler Aufnahmerıchtung und aus gleıcher Höhe abgebıldet (vertıkales malstereogramm), so erkennt man zunächst an Hand der Abb 97, daß dıe ler der Schıchtlınıen dıesen ähnlıche Fıguren — ım schematıschen Beıspıel) Kreıse — sınd Da ferner alle Objektpunkte auf derselben Schıchtlınıe den chen Abstand E von der Horızontalebene durch dıe Aufnahmebasıs $O_1 O_2$ ıen, kommt ıdentıschen Punkten derselben Schıchtlınıe dıe gleıche Paraxe zu

---

[1] Vgl S 73, Anm 1

[2] Nach H HARRY, vgl S 72, Anm 1 Infolge dıeser Korrektıonseınrıchtung ıhrer nıcht ganz eınfachen mathematıschen Grundlage fehlt der WILDschen ıstruktıon dıe unmıttelbare Anschaulıchkeıt der Wırkungsweıse, dıe alle übrıgen ımeßgeräte auszeıchnet

[3] Z B optısch bedıngte Beschränkung des Anwendungsbereıches (S 73), manıde Bılddrehung entsprechend der Neıgung der Kernebenen (S 39 u S 58), ıgelnde Anpassung an Größendıfferenzen der Bılder z B beı Flughöhenunterıeden (S 184ff), mangelnde Anpassung an dıe Höhendıfferenz der Augen des Beobters (S 57) und veränderlıche Lage des Doppelokulars

Legt man ein derartiges Normalstereogramm in den Stereokomparator (und sucht bei unveränderter Stellung der Parallaxenschraube durch entsprechen gemeinsame Verschiebung beider Bilder zum Doppelmikroskop solche Punl auf, in denen die Raummarke das Objektmodell berührt, so liegen diese Punk worauf auch PULFRICH[1] hinwies, auf einer Schichtlinie, und die Verbindun linien der entsprechenden Bildpunkte ergeben die Perspektiven dieser Schicl linie, die durch einen am Doppelmikroskop in geeigneter Weise angebracht Zeichenstift unmittelbar in einem (Meßbilder selbst oder auf einer seitl am Abszissenschlitten des Stereoko parators angebrachten Kopie sichtl gemacht werden können

Daß die Gesamtheit der auf s chem Wege erhaltenen Schichtlin einer Schichtlinienkarte, d h (Orthogonalprojektion der Schicht folge, nicht entspricht, ist ohne w teres klar [2] die Schichtlinien und dar die zwischen ihnen liegenden Ob

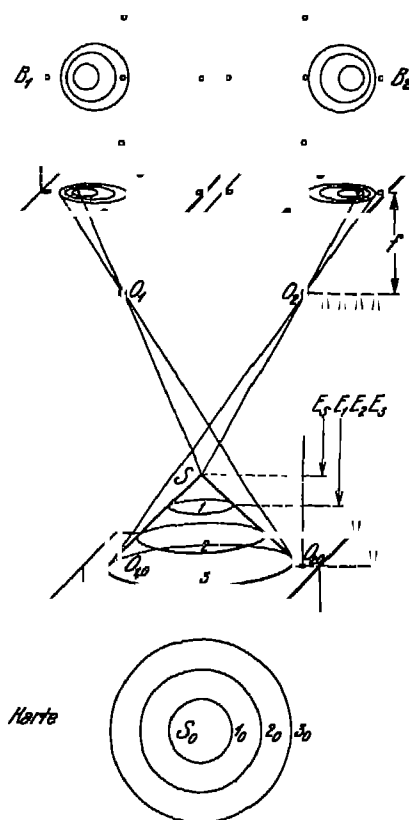



Abb 97 Das Wesen des Zonenverfahrens nach TH SCHEIMPFLUG

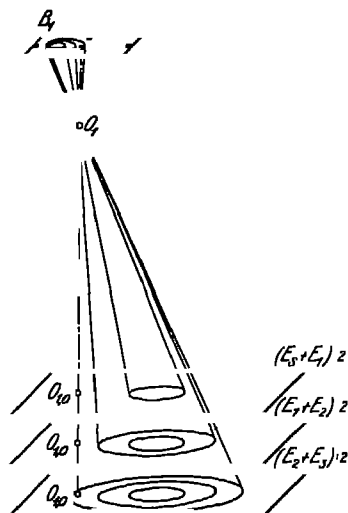



Abb 98 Herstellung der Karte nach dei SCHEIMPFLUGschen Zonenverfahren

flächenzonen sind seitlich verschoben und besitzen verschiedenen Maßst entsprechend dem Verhaltnis von Bildweite f und Zonenabstand E

Die Herstellung der Orthogonalprojektion aus der z B im Meßbild B_1 e haltenen Perspektive kann nach einem von SCHEIMPFLUG 1906[3] vorgeschlage Verfahren auf photographisch-projektivem Wege durch eine Art Umkehru

[1] C PULFRICH, ZS f I 23, 1903, S 43

[2] In England scheint man dem Unterschied zwischen Perspektive und Orthogo projektion keine Bedeutung beizulegen, das oben (S 38) bereits erwähnte Arund Verfahren verwertet die perspektiven Schichtlinien unmittelbar für die „Kart

[3] TH SCHEIMPFLUG, D R P Nr 222380, E DOLEŽAL, Int Arch f Ph gramm 2, 1911, S 242 und G KAMMERER, ebenda, 3, 1912, S 196

Aufnahmevorgangs erzielt werden Man denkt sich hiezu im Meßbild B_1 die idwie gekennzeichnete Zone zwischen Kegelspitze S und Schicht 1 auf eine ıe im Abstand $(E_s + E_1)$ 2 projiziert Dann wird die Zone zwischen cht 1 und 2 auf die gleiche Ebene projiziert, nachdem deren Abstand auf $+ E_2)$ 2 vergrößert wurde, wobei aber die Verschiebung so erfolgen muß, daß stets der Fußpunkt des von O_1 auf die Projektionsebene gefällten Lotes bleibt Da die Orthogonalprojektion auf photographischem Wege erhalten werden so ist das zu projizierende Meßbild auf der Ruckseite mit einer leicht ent- ɔaren Farbschicht zu überdecken, aus der jeweils nur die gerade zu pro- rende Zone ausgespart wird Abb 98 zeigt schematisch die Entwicklung · Karte nach diesem Verfahren

Fur die Projektion, und zwar auf einen vorgeschriebenen Maßstab, benutzte EIMPFLUG sein auf S 20 erwähntes, mit selbsttätiger Scharfeinstellung ver- ıes Umbildegerät

Das geschilderte Verfahren, das, wie oben gezeigt wurde, Parallelität der ən Bildebenen zur Projektionsebene und Abstandsgleichheit von dieser vor- ətzt, wird praktisch erst dadurch fur die Luftbildmessung brauchbar, daß die Aufnahmen zuvor auf photographischem Wege in Perspektiven von der eschriebenen Art umbildet (vgl S 17) Der Gedanke einer solchen Um- ıng ist zwar schon 1903 von FOURCADE[1] ausge- ɔhen worden, praktisch verwirklichen konnte ihn erst SCHEIMPFLUG mit Hilfe seines 1906 ange- nen Perspektographen

Großere Arbeiten wurden nach diesem Verfahren t ausgefuhrt, seine Umständlichkeit, die Forderung 4 Punkten fur die Umbildung jedes einzelnen Meß- ıs und nicht zum wenigsten auch der approxima- Charakter des Verfahrens — exakt ist nur die ogonalprojektion in unmittelbarer Nahe der dem ıhlten Abstand der Projektionsflache entsprechen- Schichtlinie — haben das verhindert

Trotzdem hat eine amerikanische Firma — BROOK 'EYMOUTH in New York — das Verfahren wieder egriffen[2] und sogar Patentschutz darauf erhalten[3] nterscheidet sich von der oben geschilderten Me- e im wesentlichen nur dadurch, daß die Projektion t auf photographischem Wege, sondern durch frei- ɪiges Nachzeichnen des projizierten Bildes mittels ıtift fixiert wird

Abb 99 Strahlengang bei einer Doppelaufnahme

20 Doppelprojektor nach Scheimpflug Konstruk- ın von Gasser, Nistri und Ferber Der von DEVILLE verwirklichte Gedanke, den Schnittpunkt der Ob- ıtrahlen unmittelbar zu beobachten, ist bereits ;e Jahre fruher von SCHEIMPFLUG gefaßt und in ıartiger Weise durchgeführt worden SCHEIM- ʒG suchte die Aufgabe des Vorwartseinschneidens durch die alle seine ıoden kennzeichnende Umkehrung des Aufnahmevorganges mittels Projek- zu losen

[1] C PULFRICH, ZS f I 23, 1903, S 334

[2] G T BERGER, Trans Am Soc C Eng, Nr 1606 (1927), L J R HOLST, Journ ıe Franklin Inst 206, 1928

[3] Zum Beispiel F P Nr 593063 und Amer P Nr 1612800

In seiner diesbezüglichen Abhandlung[1] zeigt er (Abb 99) den Grundriß Strahlenganges für die Aufnahme etwa eines Hauses auf den zunächst vertika im übrigen aber beliebig gerichteten, mit der Kammer K aufgenommenen M bildern B_1 und B_2 von den Endpunkten O_1 und O_2 der Basis B aus

Nach der Entwicklung der Bilder legt er diese in die Projektoren Pr_1 und (Abb 100), in denen der Abstand der Objektive von den Bildebenen gleich Bildweite der Aufnahmekammer ist Dabei wird den optischen Achsen Projektoren die gleiche Lage zur Basis und zum Horizont gegeben, welche optischen Achsen der Kammer in ihren beiden Aufnahmestellungen einnahn Beleuchtet man nun die Meßbilder mit den Lichtquellen L_1 und L_2, so wer die von zusammengehörigen Bildpunkten der einzelnen Objektpunkte ı gehenden Lichtstrahlen sich im Objektraum in Punkten schneiden, deren Gesa heit ein optisches Modell des aufgenommenen Objekts darstellt, wobei der M stab des Modells gleich dem Verhältnis der Aufnah basis B zur Projektionsbasis b ist

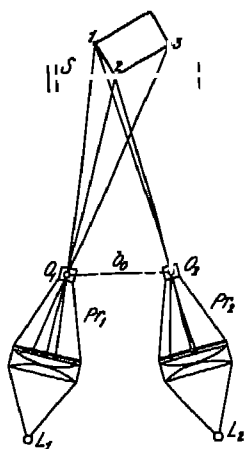



Abb 100 Umkehrung des Aufnahmevorganges Doppelprojektion nach Th Scheimpflug

Um dieses nicht ohne weiteres[2] wahrnehmbare dell der Rekonstruktion zugänglich zu machen, br Scheimpflug eine im vorliegenden Falle vertikale Pro tionsebene S (Abb 100) in den doppe Strahlenkegel Auf ihr werden im allgeme sämtliche Objektpunkte doppelt abgebı werden (so z B alle Punkte der Kant und 3) mit Ausnahme derjenigen Punkte, in die Projektionsebene selbst fallen, z B samtliche Punkte der Kante 2, die als einzige scharfe Linie aus dem Pro tionsfeld herausheben wird

Abb 101 Raummarke mit Zeichenstift

Was für diese Kante als Schnittlinie Projektionsebene und Modell gilt, das natürlich auch für jede andere Schnittl Verschiebt man also die Projektionsel parallel zu sich selbst und fixiert bzw bindet mittels eines Bleistiftes jeweils nicht doppelt gesehenen Punkte, so er man den Aufriß von Parallelschnitten (Profilen) durch das Objekt

Zur Zeichnung des Grundrisses wird man sich zweckmäßig einer in Abb schematisch dargestellten Raummarke bedienen, die aus einer schmalen v kalen Projektionsfläche besteht, die auf der horizontalen Grundebene der App tur so zu verschieben ist, daß die Koinzidenz der beiden projizierten Bilder der Mittellinie V der Raummarke erfolgt In dieser Stellung schneidet nach (oben Gesagten die Mittellinie das Modell, so daß ein an der Raummarke aı brachter Bleistift M den Grundriß des Schnittpunktes markiert

Ein an der Marke verschiebbarer Höhenzeiger Z gestattet die Feststell der Höhe des eingestellten Objektpunktes über der Grundrißebene Bei fe Einstellung des Zeigers kann man mit seiner Hilfe Punkte gleicher Höhe suchen, so daß der Bleistift eine Schichtlinie aufzeichnet

Man erkennt somit, daß die Scheimpflugsche Methode dem jung Devilleschen Verfahren wesensverwandt ist, der Unterschied besteht da

[1] Th Scheimpflug, Phot Korr 35, 1898, S 114, 221, 235, E Dole Int Arch f Photogramm 6, 1919/23, S 313

[2] Vgl S 83, Anm 1

SCHEIMPFLUG den Strahlenschnittpunkt objektiv beobachtet, während
ILLE den Schnittpunkt subjektiv auf die Raummarke projiziert
Die SCHEIMPFLUGsche Methode ist insofern vorteilhafter als die DEVILLEsche,
die mit ihr erzielten Resultate völlig unabhängig sind vom Augenabstand
Beobachters und hier die bei verschwenkten Aufnahmen auftretenden Unter-
ede in der Bildgröße nicht in Erscheinung treten Anderseits ergibt die zur
ielung eines dem Aufnahmebüschel kongruenten Projektionsbuschels not-
dig unveränderliche Bildweite der Projektoren bei konstanter Brennweite
r Objektive eine scharfe Abbildung nur in einer bestimmten Entfernung des
lellpunktes von den Projektoren Infolgedessen ist die SCHEIMPFLUGsche
hode fur Objekte mit großen Abstandsdifferenzen (Tiefenunterschieden) ihrer
rflächenpunkte nicht geeignet, sie ist also insbesondere für die Ausarbeitung
terrestrischen photogrammetrischen
nahmen unbrauchbar

Günstiger liegen die Verhältnisse bei
taufnahmen mit nahezu senkrechten
nahmeachsen Hier sind die Tiefen-
erschiede der Objektpunkte im Ver-
nis zur Flughohe im allgemeinen ge-
, so daß sich die auftretenden Un-
rfen durch Wahl kurzbrennweitiger
jektionslinsen und durch geeignete Ab-
idung derselben in erträglichen Gren-
halten lassen

Abb 102 Konstruktionsschema und Wirkungsweise eines Doppelprojektors nach TH SCHEIMPFLUG

Abb 102 zeigt schematisch den Auf-
eines Doppelprojektors fur Luftmeß-
er zunachst fur den Spezialfall, daß
Aufnahmen aus gleichen Höhen und
au senkrecht gemacht wurden Die
jektoren Pr sind auf der gewohn-
fest gelagerten Basisbrucke T be-
igt Die aus den Objektiven O aus-
enden Strahlen ergeben das optische
lell, dessen Maßstab von dem regulier-
en Abstand b_0 der Projektoren ab-
gt Eine parallel zu den Bildebenen
Projektoren angeordnete Projektionsflache S — nach der gemachten Voraus-
ung also eine Horizontalebene — schneidet das optische Modell in einer
ichtlinie, die nach dem oben Gesagten unmittelbar mit einem Bleistift M
hgezeichnet werden kann Zur Zeichnung beliebiger weiterer Schichtlinien
n die Projektionsflache bzw die Zeichenfläche parallel zu sich selbst ver-
ben werden, wobei sich der Abstand der einzelnen Schichtlinien aus den Ab-
ngen an einem Hohenmaßstab H ergibt Zur Feststellung des Grundrisses
s beliebigen Punktes P hat man die Projektionsflache so lange zu verschieben,
sich die Doppelbilder P_1 und P_2 vereinigen Die entsprechende Ablesung
Maßstab H gibt dann die Hohe des Punktes uber dem Nullpunkt des Maß-
es bzw uber der diesem Nullpunkt entsprechenden Meereshöhe [1]

Zur leichteren Feststellung der Koinzidenz der beiden Teilbilder brachte

[1] Es ist selbstverständlich, daß an Stelle der ablesbaren Parallelverschiebung
Zeichenfläche S eine ebensolche Verschiebung der Basisbrücke T bei feststehender
henflache treten könnte

SCHEIMPFLUG bereits 1910 die Verwendung der PULFRICHschen Blinkmetho in Vorschlag, danach wird abwechselnd und in kurzen Zeitintervallen Strahlenkegel des linken und des rechten Projektors abgeblendet Infolgedes scheinen sämtliche Bildpunkte mehr oder weniger rasch hin- und herzusprine mit Ausnahme derjenigen Punkte, die, wie z B die Punkte der der Projektic ebene angehörenden Schichtlinie, in dieser Ebene koinzidieren

Ein Doppelprojektor ist nicht nur für vertikale Normalstereogram sondern auch fur solche Aufnahmen brauchbar, deren Achsen bis zu etwa von der Vertikalen abweichen, wenn man nur dafur sorgt, daß die Lage Projektionszentren O und die Neigung der optischen Achsen der Projektc gegenuber der Zeicl fläche vollig den bei Stellungen der Aufr mekammer gegenı dem Horizont entspri Demzufolge muß nächst einer der bei Projektoren noch kelrecht zur Zeicher che verschiebbar (Einstellung von Flu henunterschieden), terhin mussen beide jektoren um je winkelrecht zueinai angeordnete Achsen kippt werden köı (Einstellung der Neig und Verschwenkung Aufnahmen) Da fe damit zu rechnen daß das Luftfahr auf seinem Bahnelei von der ersten zur ten Aufnahme eine liche Abtrift erle deren Effekt genau dem eines Höhenunterschiedes der Standpunkte terrestrischen Aufnahmen entspricht (vgl Abb 73, S 58), so muß einer Projektoren auch noch winkelrecht zur Basisbrucke und dabei parallel Zeichenflache verschiebbar sein An Stelle dieser Verschiebung kann (ge Abb 74, S 58) eine Drehung beider Projektoren um ihre optischen Achsen eine entsprechende Drehung (Verkantung) der Meßbilder in ihrer Ebene tr

Abb 103 Anordnung der Projektion nach M GASSER

Nach dem Tode SCHEIMPFLUGS ist das Doppelprojektionsverfahren zun von M GASSER[2] wieder aufgegriffen und weiter ausgebaut worden Der Au besteht im wesentlichen darin, daß (Abb 103) die optischen Achsen der jektoren wagerecht gelagert und dabei vor den Projektionsobjektiven Sp angebracht sind, durch welche die austretenden Strahlen wieder nach der v rechten Zeichenflache hingeleitet werden Weiterhin wird zur Aufsuc koinzidierender Punkte eine Raummarke, ahnlich der in Abb 101 dargestel

[1] C PULFRICH, ZS f I 24, 1904, S 161, DERSELBE, Neue stereosk Metl und Apparate Berlin 1912

[2] D R P Nr 306385 O v GRUBER, Der Bauingenieur 4, 1923, S 434

ıutzt und mit einem Pantographen verbunden, um die im allgemeinen in ßen Maßstaben erhaltene Projektion unmittelbar in kleinere Maßstabe umeichnen

'Auch der Photokartograph von A NISTRI[1] (Abb 104) beruht auf dem IEIMPFLUGschen Verfahren Bei diesem Instrument sind die optischen Achsen Projektoren ebenfalls horizontal gelagert, die Projektion erfolgt aber ohne egel unmittelbar auf eine oder mehrere vertikal angeordnete Projektionsnen, die schematische Abb 102 entspricht also dem Grundriß des NISTRIschen ätes Auch NISTRI benutzt eine Raummarke, die hier jedoch nicht freihändig, dern mittels eines Kreuzschlittenantriebes bewegt wird, durch den allerdings

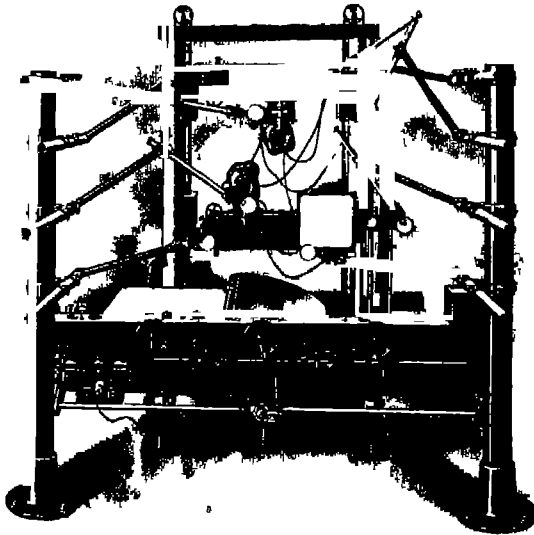



Abb 104 Photokartograph nach A. NISTRI

wesentlicher Vorteil der Doppelprojektion, nämlich die Moglichkeit zur :hen, weil freihandigen Zeichnung, wieder verloren geht

Das geniale SCHEIMPFLUGsche Verfahren genügt wegen seiner unmittelren Beobachtung einer objektiven Projektion besonders hinsichtlich der hendarstellung leider nur maßigen Genauigkeitsansprüchen, die Sicherheit ler Feststellung der Koinzidenz zweier Punkte hangt ganz wesentlich ab von Beschaffenheit der Objektflache Die Feststellung der Koinzidenz wird um ıchwieriger und ungenauer, je weniger markant die beobachteten Punkte sind, ɜinformigem Gelande, wie z B an Wiesenhängen, versagt die Methode sogar lig Aber auch bei an sich markanten Objektpunkten kommt der Bestimmung Koinzidenz ihrer Bildpunkte wegen der bereits erwahnten allgemeinen Unarfe der Abbildung nur eine geminderte Sicherheit zu

Um diese Unscharfe zu beheben, hat 1928 R FERBER (Firma GALLUS in ıs) in Anlehnung an eine BAUERSFELDsche Konstruktion (s. S 96f) je ein

[1] G CASSINIS, Atti della Inst Settimana Aeronautica, Rom 1925, A NISTRI, ıeronautica VI, 1927, D R P Nr 382100

drehbares und in seiner Brennweite veranderliches optisches Zusatzsystem den Projektionsobjektiven angebracht (Abb 104*) Beide Zusatzsysteme s mit der Raummarke verbunden und werden von ihr so gesteuert, daß in

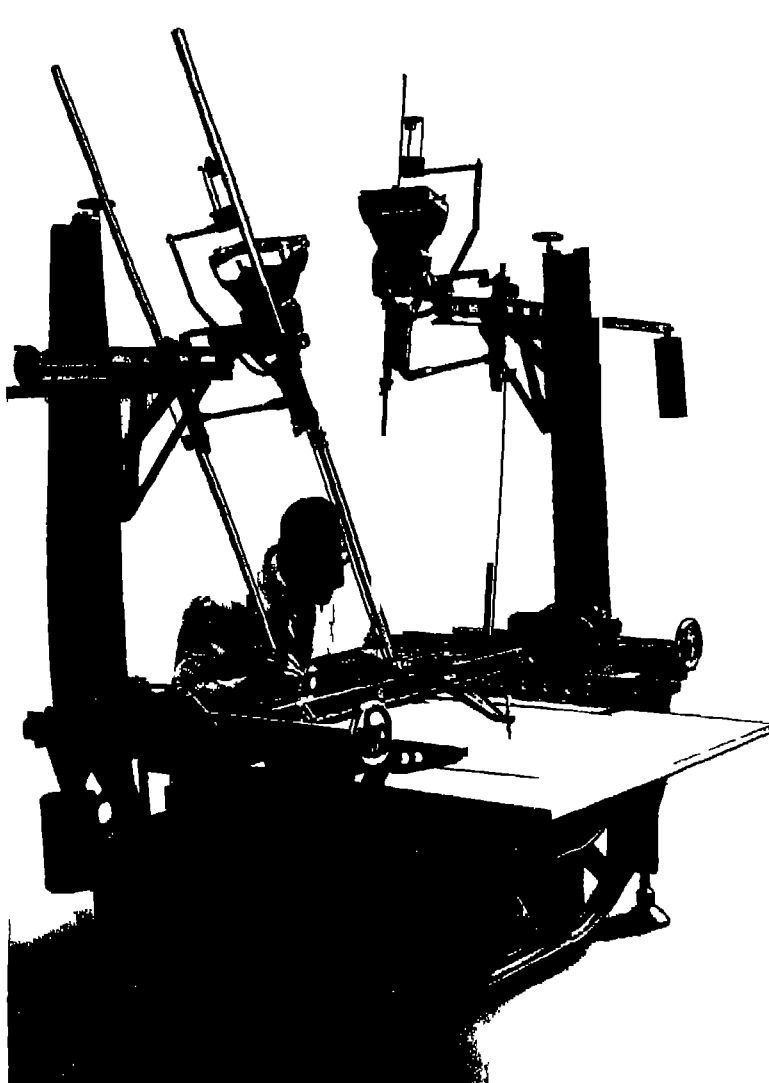



Abb 104* Kartierungsgerät nach R Ferber

mittelbarer Nahe der Raummarke eine scharfe Abbildung stattfindet[1] I wird — wenn auch unter Verzicht auf die sehr vorteilhafte Totalprojektion Meßbilder — eine Fehlerquelle des ursprunglichen Scheimpflugschen Verfa

[1] Eine ähnliche Einrichtung verwendet auch H Boykow bei einem von konstruierten Gerät (Luftbild Triangulator), das aber bisher anscheinend noch praktische Verwendung gefunden hat und über das in der allgemein zugangl Literatur Näheres nicht veroffentlicht worden ist

isgeschaltet Die wichtigste Fehlerquelle aber, die in der Abhängigkeit des Verhrens von der Beschaffung der Objektoberfläche besteht, bleibt auch bei dem erät von FERBER noch wirksam

21 Aerosimplex nach Hugershoff. Das zweckmäßigste Mittel, das Doppelojektionsverfahren unabhängig zu machen von der Beschaffenheit der Objekt-›erflache, besteht darin, daß man die Teilbilder auf die gleiche Ebene nebennander projiziert und die Einzelprojektionen je einem Auge getrennt zuführt, daß diese Einzelbilder zu einem virtuellen Raummodell verschmelzen amit ergibt sich die Möglichkeit, an die Stelle der unmittelbaren objektiven eobachtung des Strahlenschnittpunktes die stereoskopische Beobachtung deslben treten zu lassen, die, wie gezeigt wurde, auch in einförmigem Gelände ıwendbar ist und überdies eine wesentlich höhere Messungsgenauigkeit zuläßt gl S 50)[1]

Das Konstruktionsprinzip eines derartigen, 1928 von R HUGERSHOFF angegebenen Stereo-Doppelproktors[2] ist in Abb 105 schematisch im Grundriß dargeellt

Abb 105 Wirkungsweise des Aerosimplex nach R HUGERSHOFF

Von den beiden Projekren Pr_1 und Pr_2 mit wagchten optischen Achsen ist ır Projektor Pr_2 aus seiner sprunglichen Stellung (Pr_2) it der Basis $O_1 (O_2) = b_0$ ıtlich um die Strecke k verhoben Dementsprechend erheinen jetzt auch die beiden ›ilbildpunkte Q_1 und Q_2 eines der aus einer Mattscheibe bildeten Schirmebene S liepnden Objektpunktes Q (vgl ezu Abb 102) in einem Aband k voneinander Bringt an auf diese Teilbildpunkte eine Zielmarke m_1 bzw m_2 ıd betrachtet die Teilbilder mittels eines aus den Spiegeln $\sigma_1\ \sigma_1'$, $\sigma_2\ \sigma_2'$ und n Okularen Ok gebildeten (HELMHOLTZschen) Stereoskops, so erblickt man n virtuelles Modell des Objekts, das von dem virtuellen Verschmelzungsbild r Teilmarken m im Raumpunkt Q beruhrt wird

[1] Auch die übereinander projizierten Teilbilder lassen sich einer für beide ıgen getrennten Wahrnehmung zuführen, wenn man die Teilbilder komplementär B das eine rot und das andere grün) farbt und die Projektionsflache mit einer rille betrachtet, deren linkes bzw rechtes Glas ebenfalls diese Färbungen aufweisen ı Verwendung dieses 1858 von D'ALMEIDA angegebenen Anaglyphen-Verfahrens blickt man die durch die Strahlenschnittpunkte gebildete Modelloberfläche direkt ıd in unmittelbarer korperlich nachbildbarer Beschaffenheit (vgl den Aufsatz m O v GRUBER in Der Bauingenieur, 4, 1923, S 434) Die Genauigkeit einer nach esem Verfahren durchgeführten Rekonstruktion ist aus verschiedenen Grunden esentlich geringer als die einer Rekonstruktion nach der oben angegebenen Methode nen Doppelprojektor für anaglyphische Projektion beschreibt J PREDHUMEAU Sc et Ind phot 1926, Nr 2

[2] R HUGERSHOFF, Bildmess u Luftbildwes 4, 1929, S 24

Die mittels eines Steges D starr miteinander verbundenen Teilmarken kön
freihändig über die ganze Projektionsebene verschoben werden, wobei eine
sondere Führung dafür sorgt, daß die Markenverbindungslinie stets parallel
sich selbst und wagrecht bleibt.

Bewegt man jetzt beide Teilmarken so, daß ihr Verschmelzungsbild,
virtuelle Raummarke, in steter Berührung mit der Modelloberfläche bleibt,
bewegt sich die Raummarke längs der durch den Punkt Q gehenden Schichtli

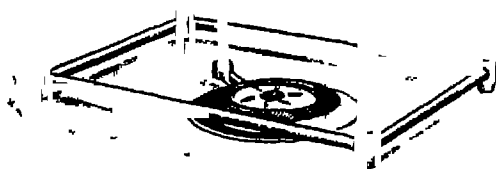
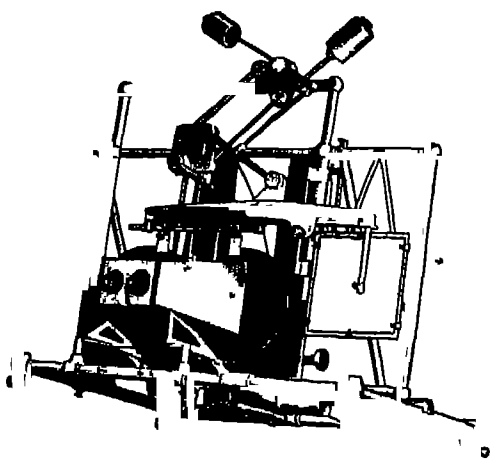



Abb. 106. Aerosimplex nach R. HUGERSHOFF.

Im Vergleich mit Abb. 102 erke
man, daß jede der Teilmarken
damit auch jeder beliebige and
Punkt, der starr mit dem Ste
verbunden ist, die Orthogonalp
jektion dieser Schichtlinie
schreibt. Insbesondere wird
durch den Arm A mit dem Ste
verbundener Bleistift M d
Schichtlinie auf eine parallel
Projektionsebene und seitlich d
selben liegende Zeichenfläche
auftragen. Die Einstellung
höher oder tiefer gelegenen Pu
ten der Modelloberfläche erf
ganz wie bei dem oben geschil
ten SCHEIMPFLUGschen Verfah
durch entsprechende Änderung
Abstandes zwischen der Pro
tionsebene S und der Basisbrü
T, nur daß hier aus Zweckmä
keitsgründen die Projektionsflä
S feststeht und die Basisbrück
parallel zu sich selbst verscho
wird. Die Verschiebung ist
einem Höhenmaßstab H ables
Der Maßstab der Kartierung
gibt sich aus dem Verhältn
der Projektionsbasis b_0 zur
nahmebasis B_0, er kann d
Änderung des Abstandes O_1O_2
Projektoren beliebig einges
werden.[1]

Das Gerät, das unter dem Namen Aerosimplex von den Firmen GUS
HEYDE G. m. b. H. und AEROTOPOGRAPH G. m. b. H. in Dresden gebaut
vertrieben wird, ist in Abb. 106 in der Ansicht wiedergegeben. Die Verschieb
der Basisbrücke gegen die Projektionsfläche erfolgt durch eine Fußsche
die Größe der Verschiebung wird an einem Zahlwerk abgelesen. Zum Zw
der exakten Wiederherstellung der Orientierung der Teilbilder gegeneinan
und zum Horizont, d. h. also hier zur Projektionsebene, kann jeder der bei
Projektoren um drei zueinander winkelrechte Richtungen verschoben und u

[1] Man beachte, daß das teilweise aus Zielstrahlen gebildete Trapez O_1O_2 ganz der in Abb. 86 dargestellten Hebelanordnung am Stereoautographen spricht.

dies beliebig geneigt und verschwenkt werden Außerdem lassen sich die Meßbilder beliebig verkanten

Die Projektion der Meßbilder geschieht unter Benutzung spezieller Kondensoren mit Hilfe von Lampen, für die eine Stromquelle von 12 Volt benötigt wird

Das der Betrachtung dienende Spiegelstereoskop besitzt entsprechend der auf S 57 erwähnten Forderung Okulare von so großem Durchmesser, daß auch Beobachtern mit beträchtlichen Abweichungen von der normalen Augenstellung eine zwangfreie Beobachtung möglich ist

Dem Gerät wird ein zweites Betrachtungsstereoskop beigegeben, dessen Spiegel so angeordnet sind, daß das linke Bild dem rechten Auge und umgekehrt dargeboten wird (vgl Abb 121 und 122) Diese Einrichtung dient in der Hauptsache dazu, auch dann den normalen stereoskopischen Effekt zu erzielen, wenn die Meßbilder standortsverkehrt eingelegt wurden Über die besondere Bedeutung dieser Einrichtung für die optische Orientierung von Bildern einer fortlaufend aufgenommenen Bildreihe (Folgebildern) siehe S 201

Abb 106* Restitutor nach N SANTONI

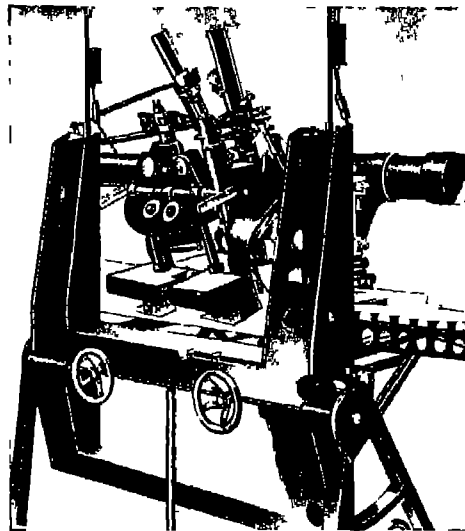
Der Aerosimplex ist zunächst zur unmittelbaren Ausmessung der mit einer automatischen Kammer (Reihenbildner, vgl S 151ff) gewonnenen Aufnahmen bestimmt, das Bildformat dieser Kammer ist 5,4 × 5,4 cm, das Kammerobjektiv hat eine Brennweite von 6 cm, dementsprechend ist auch die Bildweite der Projektoren 6 cm Die Brennweite der Projektionsobjektive beträgt dagegen nur 4,5 cm, so daß die größte Schärfe der Abbildung bei einem Abstand von etwa 18 cm der Projektionsobjektive von der Projektionsebene erfolgt Dank der großen Tiefenschärfe der Abbildung ist die Bildschärfe für die stereoskopische Ausmessung zwischen den Abständen 14 cm und 22 cm noch völlig ausreichend Es dürfen also beispielsweise bei einer mittleren Flughöhe von 1800 m die Höhenunterschiede im Gelände bis zu 800 m betragen

Mit dem Gerät können selbstverständlich auch Aufnahmen ausgemessen werden, die mit Kammern von beliebigen anderen Bildweiten hergestellt wurden, wenn sie zuvor entsprechend dem angegebenen Bildformat verkleinert wurden

Das Instrument besitzt sehr geringe Ausmaße es ist 95 cm breit, 65 cm tief und insgesamt 175 cm hoch, dementsprechend beträgt auch das Gewicht nur etwa 50 kg

An dieser Stelle mag noch das Gerät von SANTONI (Italien) Erwähnung[1] finden, bei dem die in Abb 105 dargestellten projizierenden Strahlen $O_1 Q_1$ und $O_2 Q_2$ durch Hebel wiedergegeben sind, deren Drehpunkte O_1 und O_2 sich an Stelle der (nicht vorhandenen) Objektive befinden

Die rückwärtigen Verlängerungen dieser Hebel berühren unmittelbar die

[1] O KOERNER, Bildmess u Luftbildwes 2, 1927, S 78, G CASSINIS, Ann della R Scuola d'ingegneria di Padova, 3, 1927, DERSELBE, Bildmess u Luftbildwes 4, 1929, S 38

auszumessenden Bilder in den entsprechenden Bildpunkten, die Koinziden
Bildpunkt und Hebelende wird mittels eines Stereoskops beobachtet Bei
Konstruktion treten Projektionsunschärfen natürlich nicht auf Dieser
retische Vorteil ist belanglos gegen die Nachteile, die sich aus den jetzt ne
tretenden Fehlerquellen mechanischer und optischer Art und aus der notw
komplizierten Konstruktion ergeben (Abb 106*)

Wesentlich interessanter ist ein Konstruktionsvorschlag von H G I
cade (F P Nr 628528), bei welchem — mit binokularer Einstellung
Bildtragerobjektive hindurch — die Projektionsstrahlenhebel das Betracht
system seitlich verschieben und die Bildtrager gemeinsam kippen

B. Allgemeine Lösungen der Aufgabe

22 Autokartograph nach Hugershoff Das erste Gerat, das die
matische Rekonstruktion des Objektes fur den allgemeinen Fall der A
ermoglichte, ist der 1919 nach Angaben von R Hugershoff von G Hey
Dresden gebaute Autokartograph Die Grundlagen seiner Konstruktio
aus dem in Abb 107 dargestellten Grundrißschema ersichtlich Zwei Bil
theodolite der K
schen[1] Bauart (s
sind in unveran
chem Abstand O_1
beneinander aufg
Die Aufsuchung
Einstellung iden
Bildpunkte erfolgt
zeitig mittels des
kularen Fernroh
dessen unveran
wagrecht gelagert
achsen durch die (
ren) Hauptpunkt
Objektive der B
ger T gehen

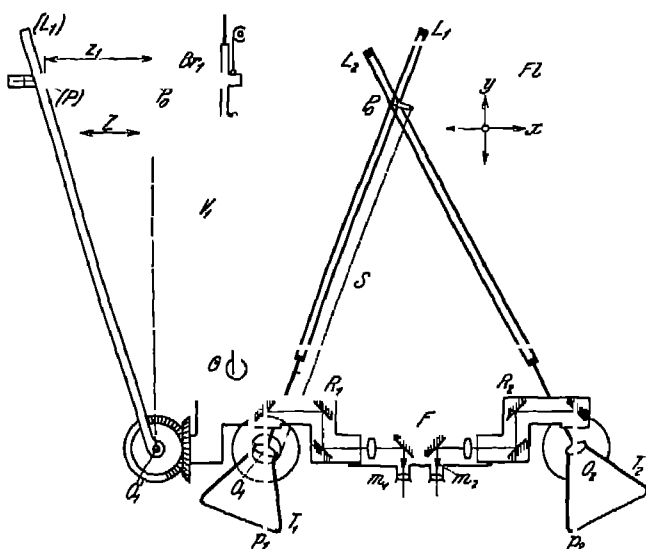



Abb 107 Konstruktionsschema des Autokartographen nach R Hugershoff

Um nun b
Bildstrahlen pO
Richtung dieser f
lagerten Zielachs
bringen, werden
ders als beim no
Koppeschen Bi
theodolit — die Bildtrager um vertikale, durch die vorderen Objektiv
punkte O gehende Stehachsen gedreht (Einstellung der Horizonta
zwischen Aufnahmerichtung und Bildstrahl) und besondere vor den Fern
angeordnete Reflektoren R um die wagrechten Zielachsen gekippt (Eins
des Neigungswinkels des Bildstrahles)[2]

[1] Es handelt sich also, im Gegensatz zu dem von Wild verwendeten Pors
Bildmeßtheodolit (vgl S 71) um Bildmeßtheodolite mit Bildtragern, deren
zur Kartierungsebene während der Ausarbeitung unveränderlich, und zw
gleich ist der Neigung der Aufnahmekammer zum Horizont

[2] Das gleiche Prinzip hat später Poivilliers in Paris der Konstrukti
Kartierungsmaschine zugrunde gelegt Eine eingehende Beschreibung des Poi
schen Gerätes kann daher unterbleiben

Von den Bildträger-Stehachsen werden die Horizontallineale L mitgenommen. Diese Lineale, die gegen die Stehachsen verdrehbar und mit ihnen verklemmbar sind, werden vor Beginn der Arbeit so eingestellt, daß sie mit Bezug auf die Basis O_1O_2 in die Aufnahmerichtungen zeigen, während an den Zielmarken m des Doppelfernrohres die Hauptpunkte der Aufnahmen erscheinen. Hieraus folgt, daß bei Einstellung der identischen Bildpunkte p_1 bzw. p_2 — gleichgültig bei welcher Neigung und unter welcher Richtung die Aufnahmen gemacht wurden — der Schnittpunkt P_0 der Linealkanten die Horizontalprojektion desjenigen Punktes des im Doppelokular gesehenen optischen Modells ist, auf dem das Verschmelzungsbild der Meßmarken m aufsitzt. Dieser Kartenpunkt kann durch einen im Linealschnittpunkt angebrachten Bleistift auf der Zeichenfläche Fl fixiert werden.

Die selbsttätige Ermittlung des Höhenunterschiedes des Objektpunktes P gegen den Aufnahmehorizont des linken Standpunktes geschieht durch eine mechanische Rekonstruktion des Höhendreiecks (vgl. z. B. Abb. 46, S. 36) O_1PP_0 an einer seitlich angebrachten Hilfsvorrichtung. Diese besteht aus dem ebenfalls wagrecht gelagerten Lineal (L_1) und der Höhenbrücke Br_1. Das Lineal (L_1) dreht sich um eine vertikale Achse O_1', es wird von dem Reflektor R_1 um den gleichen Winkelbetrag verschwenkt,[1] um die der Reflektor kippt. Bei wagrechter Lage des Reflektors (Neigung des Bildstrahles 0°) liegt die Ziehkante des Lineals (L_1) in der Richtung $O_1'P_0$, die parallel ist zur Gleitschiene V_1, längs deren sich die Höhenbrücke Br_1 verschiebt. Die Höhenbrücke steht mittels des Stahlbandes S, das durch das Gewicht G in Spannung gehalten wird, in Verbindung mit dem Schnittpunkt P_0 der Horizontallineale. Die Länge des Stahlbandes ist dabei so reguliert, daß die Strecke P_0O_1 stets gleich dem Abstand P_0O_1' der Höhenbrücke Br_1 von O'_1 ist.

Man erkennt also, daß am Schnittpunkt (P) der Kante des Lineals (L_1) mit einer auf der Höhenbrücke Br_1 angebrachten Teilung (mit dem Nullpunkt in P_0) der Höhenunterschied z_1 des Objektpunktes gegen den Standpunkt O_1 unmittelbar abgelesen werden kann.

Bei der praktischen Ausführung des Gerätes ist die beschriebene Höhenmeßeinrichtung auf der rechten Seite des Apparates wiederholt, so daß auch der Höhenunterschied z_2 des Objektpunktes gegen den rechten Standpunkt O_2 unmittelbar ablesbar ist. Die (konstante) Differenz beider Ablesungen ist offenbar die vertikale Komponente b_z der Aufnahmebasis b. Weiterhin geht die Einstellung der Bildpunkte bzw. der Lineale nicht von einer primären Drehung der Bildträger T und der Reflektoren R aus, sondern geschieht sekundär durch Verschiebung des Linealschnittpunktes P_0 bzw. durch Änderung der Höhenbrückenabschnitte z. Zu diesem Zwecke sind ähnlich wie am Stereoautograph (Abb. 90, S. 69), ebene Kreuzschlittenführungen, und zwar hier drei solche Führungen, vorgesehen. Der Hauptschlitten wird durch zwei Handräder betätigt, die dem Bleistift eine Bewegung in der x- bzw. y-Richtung erteilen. Die beiden Höhenlineale werden gemeinsam durch eine Fußscheibe angetrieben; diese bewegt mittels je einer in der betreffenden Höhenbrücke liegenden Spindel je eine Schraubenmutter, an der das betreffende Höhenlineal dreh- und gleitbar befestigt ist. Die Kupplung zwischen Fußscheibe und Höhenlinealen ist lösbar, so daß eines der Höhenlineale mitsamt dem zugehörigen Reflektor vor Beginn der

[1] Die Übertragung des Neigungswinkels geschieht bei der praktischen Ausführung nicht durch Kegelräder, wie es die schematische Abb. 107 zeigt, sondern durch ein besonderes Hebelsystem (vgl. D. R. P. Nr. 372222), das praktisch ohne jeden toten Gang ist.

Arbeit so eingestellt werden kann, daß die Differenz der Ablesungen an beic Hohenskalen der vertikalen Komponente der Aufnahmebasis entspricht

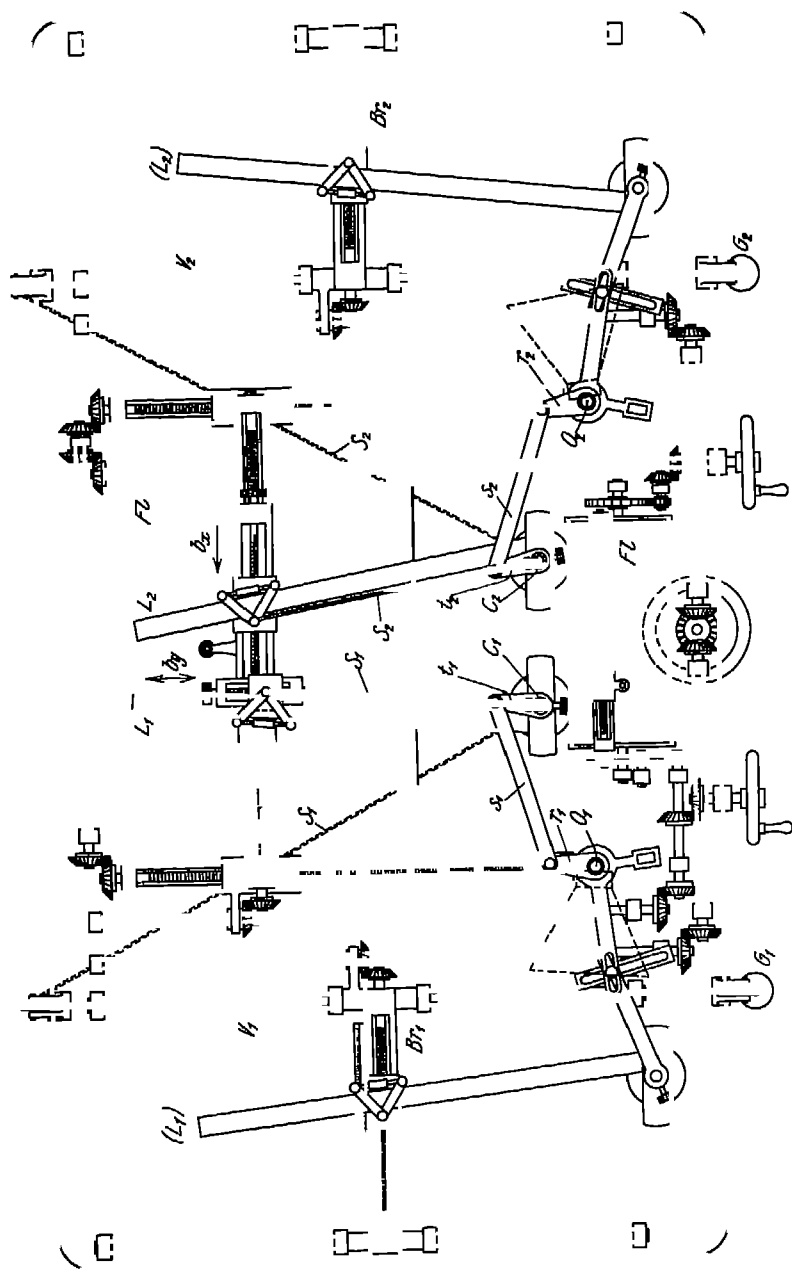



Abb 108 Grundriß des Autokartographen nach R Hugershoff

Durch gleichzeitige Betatigung aller drei Antriebsmittel kann die R marke auf der Oberflache des optischen Modells ganz wie beim Stereo graphen beliebig entlang gefuhrt werden, dabei tritt hier keine Vertikalı laxe auf, da ja durch die Verwendung zweier Höhenlineale die Bildstr

n identischen Punkten gleichzeitig in die Richtung der Fernrohrziellinien racht werden

Konstruktive Einzelheiten[1] sind aus der in Abb 108 wiedergegebenen undrißzeichnung erkennbar, so insbesondere die Benutzung eines „Basis-lıttens" (vgl S 68 und Abb 86) zur maßstäblichen Einstellung der Hori-

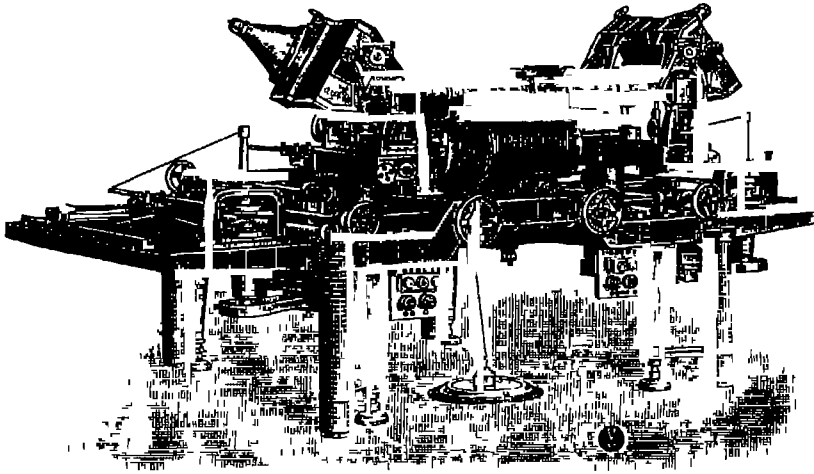



Abb 109 Autokartograph nach R HUGERSHOFF

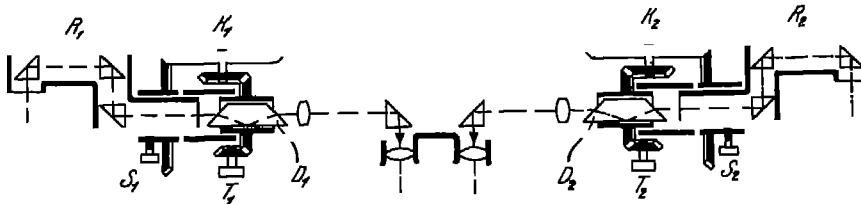



Abb 110 Optisches Betrachtungssystem des Autokartographen (Binokulares Periskop)

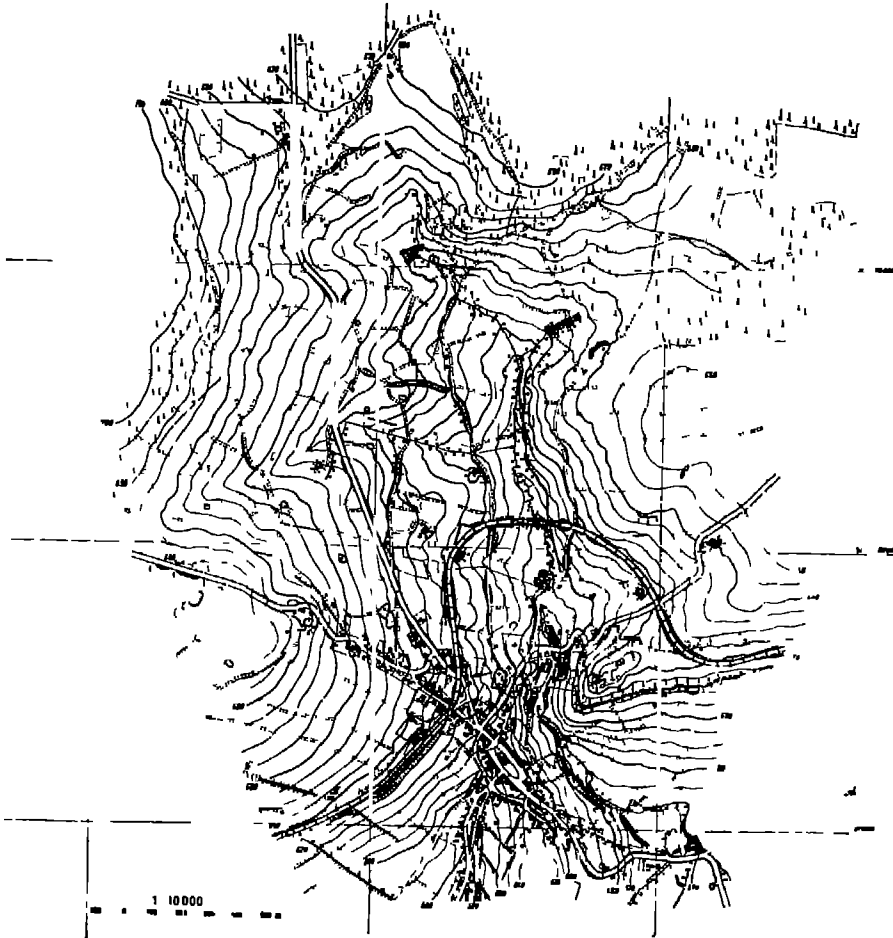
ntalprojektion b_0 der Aufnahmebasis b oder beliebiger Komponenten derselben der x- und y-Richtung[2] Die konstante „Apparatebasis" ist auch hier der

[1] Vgl z B H KREBS, ZS f Feinmech 30, 1922, S 37, 63, 75, 87, 102, DOLEŽAL, Int Arch f Photogramm 6, 1919/23, S 288, E SNIŽEK, ZS d ı tchechoslovak Ing, Prag 1925, O EGGERT, ZS f Verm 57, 1928, S 625

[2] Diese zuerst am Stereoautographen nach einem Vorschlag von K FUCHS gewandte Zerlegung der Horizontalprojektion b_0 der Basis b in die dem gemein-men Verschwenkungswinkel φ entsprechenden Komponenten $b_x = b_0 \cos\varphi$ und $= b_0 \sin\varphi$ (S 69) ist hier an sich nicht erforderlich, da ja beide Horizontal-eale „knickbar" sind Sie gewährt den Vorteil, daß die bei starker Verschwenkung r Aufnahmen am Rand der Zeichenfläche entstehende Karte in die Mitte dieser äche gerückt werden kann Die Einrichtung wird trotz der Knickbarkeit der rizontallineale bei der Ausarbeitung von Senkrechtaufnahmen mit nicht genau rtikalen Achsen notwendig, da hier die Basiskomponente b_y dem Hohenunterschied ı Standpunkte gegen die (im Apparat vertikal durch den Hauptschlitten verlaufend denkende) Kartierungsebene, der Knickungswinkel aber der Verschwenkung der ıfnahmerichtung gegen die Vertikale entspricht Die oben (S 88) erwähnte Basis-mponente b_z hat bei Senkrechtaufnahmen die Bedeutung einer seitlichen Ver-luebung (Abtrift) des Standpunktes gegen die Flugrichtung (vgl S 233)

Abstand der Linealdrehpunkte C_1 und C_2, die aber — im Gegensatz zur stellung in der schematischen Abb 107 — nicht mit den Drehachsen Bildtrager zusammenfallen, sondern mit ihnen durch die Hebel r, s verbunden sind

Die Wirkungsweise des Gerates, von dem Abb 109 eine Gesamtar zeigt, ist ahnlich derjenigen, wie sie beim Stereoautographen bzw Autogr

schrieben wurde (S 67 und S 74) Die Kartierung von wagrechten und ıragen Aufnahmen erfolgt unmittelbar auf der ebenen Zeichenflache innerhalb s Apparates Die Ausarbeitung von Senkrechtaufnahmen kann ahnlich wie im WILDschen Gerat auf einem seitlich aufzustellenden Koordinatographen er auf einer in den Abb 108 und 109 sichtbaren zylindrischen Zeichenfläche olgen, die um ihre wagrechte Achse rotiert Der Bleistift wird hier langs einer r Zylinderachse parallelen Fuhrungsschiene bewegt, seinen Antrieb erhalt er

b 112 Die erste automatisch hergestellte Schichtlinienkarte aus beliebig orientierten Luftmeßbildern (vgl S 5 und 92)

n der Abszissenspindel des Hauptschlittens Der Zylinder selbst wird in otation versetzt entweder von dem y-(Abstands)Antrieb des Hauptschlittens usarbeitung von wagrechten und schragen Aufnahmen) oder aber vom z-ohen-)Antrieb der Nebenschlitten (Ausarbeitung von Senkrechtaufnahmen)

Eine wichtige Konstruktionseinzelheit wird durch die Einfuhrung der drehren Reflektoren R bedingt, die Drehung dieser Spiegelsysteme hat eine entrechende Drehung des betrachteten Bildausschnittes zur Folge, zur Auf bung dieser Drehung sind in den Strahlengang des Doppelfernrohres zwei nkehrprismen D (vgl den schematischen Horizontalschnitt in Abb 110)

eingebaut und durch Kegelradgetriebe K mit den entsprechenden Reflektoı so verbunden worden, daß sich diese Prismen stets um die Hälfte desjenig Winkels verdrehen, um den die entsprechenden Reflektoren kippen [1]

Zur Erzielung eines vollkommenen Stereoeffektes[2] beim Vorhandensein eı Höhenunterschiedes der Standpunkte (S 58) ist naturlich die hier wie erwal selbsttätig erfolgende Ausschaltung der Vertikalparallaxe nicht ausreiche es muß vielmehr noch eine entsprechende Schiefstellung des Raummodells v genommen werden (S 59) Zu diesem Zwecke können die Umkehrprisn unabhangig von ihrer zwanglaufigen Drehung um entsprechende Winkel mit ‹

Abb 113 Teilbild einer freihändigen terrestrischen Aufnahme zur Karte in Abb 114

Trieben T nach Lösung der Klemmen S von Hand gedreht werden [3] Die Bedeut dieser Einrichtung wird besonders klar, wenn man Aufnahmen mit vertik Basis (z B Aufnahmen aus einem Fesselballon bei verschiedenen Hohen dessel in Betracht zieht In diesem Falle waren beide Bilder optisch um 90°, die Umk prismen also um je 45° zu drehen, wobei naturlich hier die Horizontallineal Parallelstellung zu bringen sind (Horizontalkomponente der Aufnahmel Null, vgl Abb 108, S 88)

Abb 111 zeigt ein Teilbild des Luftbildpaares, aus dem mit dem A

[1] Chr v Hofe, Fernoptik, 2 Aufl 1921, S 82

[2] Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, daß selbstverständlich das Doppelol auch die in Abb 71, S 57 dargestellte, für alle von Hugershoff angegeb Meßgeräte charakteristische vertikale Einstellbarkeit der Einzelokulare aufw

[3] D R P Nr 358255

tographen die überhaupt erste Schichtlinienkarte (Abb 112) nach beliebig ntierten Schrägaufnahmen in kontinuierlich-mechanischer Zeichnung hertellt worden ist Weiter ist in Abb 114 der erste Plan wiedergegeben, der Grund von freihändig aufgenommenen terrestrischen Meßbildern (siehe B Abb 113) gewonnen wurde

Der Autokartograph gestattet auch — ebenso wie die nachfolgend beschrieen weiteren Universalgeräte — die mechanisch-kontinuierliche Umformung Einzelaufnahmen ebener (und horizontaler) Gebilde Er laßt sich deshalb Vorteil zur Lösung der meisten der auf S 12ff besprochenen Aufgaben verden, insbesondere kann er die geschilderten Netzverfahren ersetzen und an

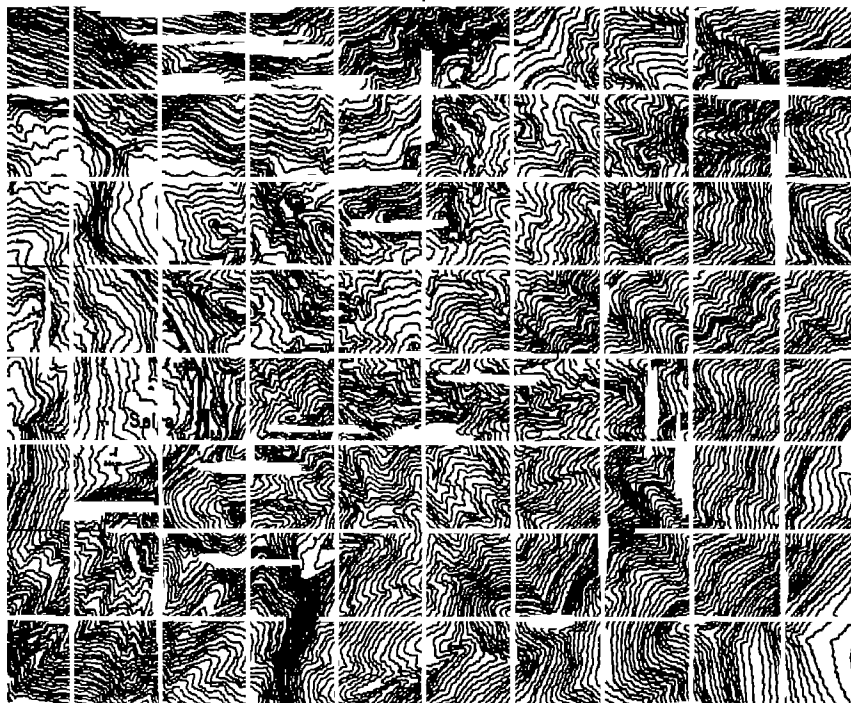



Abb 111 Im Autokartographen hergestellte Karte der Umgebung von Solra (Spanien)

le der beschriebenen Entzerrungsgerate Verwendung finden, denen gegenr er keinerlei Einschrankungen in der zulassigen Neigung der Aufnahmen erliegt Bei Aufnahmeneigungen von 0⁰ bis 15⁰ wird der Bildtrager auf diese gung selbst, bei Neigungen von 45⁰ bis 90⁰ auf das Komplement der Neigung gestellt Als Kartierungsbasis dient der Hohenunterschied des Aufnahmestandktes gegenuber der Ebene des zu kartierenden Gebietes

Dieser Hohenunterschied ist bei Neigungen von 0⁰ bis 45⁰ als Skalenabschnitt der Hohenbrucke (Abb 107) und bei Neigungen von 45⁰ bis 90⁰ als Abstand Basisschlittens (Abb 108) im vorgeschriebenen Maßstab einzustellen und rend der Zeichnung unverandert zu lassen Die Ausarbeitung geschieht ch einfaches Entlangfuhren der Zielmarke des betreffenden Einzelokulars len Situationslinien mittels der entsprechenden Handrader

23 Stereoplanigraph nach Bauersfeld Der im Jahre 1923 von der Fir C ZEISS in Jena nach den Angaben von W BAUERSFELD gebaute Stereopla graph[1] ist eine Weiterbildung des SCHEIMPFLUGschen Doppelprojektors (S ' Die Weiterbildung besteht (vgl den schematischen Grundriß in Abb 115) nächst und im wesentlichen darin, daß vor den Projektionsobjektiven O optis Zusatzsysteme Z angebracht sind, die eine scharfe Abbildung der Meßbilder die Projektionsebene (Ebene der Einstellmarken m) bei jedem beliebigen stand der letzteren von den Projektoren Pr gewahrleisten Mit der Einführ dieser Zusatzsysteme ist allerdings (vgl die auf S 82 erwahnten Konstr tionen von R FERBER und H BOYKOW) notwendig der Nachteil verbund daß an Stelle der totalen Projektion eine partielle Projektion der Meßbilder treten ist Die Weiterbildung besteht ferner darin, daß die Meßbilder n ubereinander, sondern, ahnlich wie es auf S 83 für den Aerosimplex schrieben wurde, nel einander auf die Meßr kenteilbilder m proji und somit durch das okulare Doppelmikros F der stereoskopisc Betrachtung bzw Mess zuganglich gemacht den

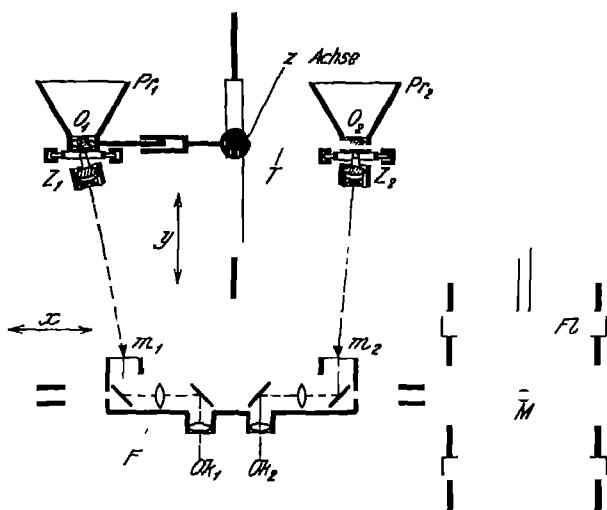



Abb 115 Konstruktionsschema des Stereoplanigraphen nach W BAUERSFELD

Zur Einstellung b biger Punkte des Ra modells am Versch zungsbild der Zielma sind offenbar die Pr toren gemeinsam und rallel mit sich selbst genuber den Zielma im Raum entsprechen verschieben Die Vers bung konnte bei festen l marken durch ein ra liches Kreuzschlittensystem erfolgen, wobei ein beliebiger mit den Projektoren bundener Punkt die scheinbare Bewegung der Raummarke unmittelbar wi geben wurde Der Konstrukteur hat jedoch vorgezogen, die erforderliche gege tige Bewegung zwischen Meßmarken und Projektoren auf beide zu verteilen zwar so, daß sich letztere nur in einer festen vertikalen Ebene (Höhenbewegu der z-Richtung, Abstandsbewegung in der y-Richtung), die Meßmarken dageg einer festen wagrechten Geraden (Seitenbewegung in der x-Richtung) versch lassen Fur den Beobachter ist der Effekt der gleiche, dagegen ist jetzt die am Autokartographen vorhandene Moglichkeit verloren gegangen, durch an einem Bewegungsglied — am Autokartographen dem Basisschlitten – festigten Bleistift die Horizontalprojektion eines auf wagrechten oder schi Aufnahmen dargestellten Raumgebildes auf einer festen Zeichenflache unmitt aufzutragen So übernimmt beispielsweise in der schematischen Abb 11 Bleistift M die Seitenkomponente, die verschiebbare Zeichenflache Fl abe Abstandskomponente der Horizontalprojektion der scheinbaren Beweguns

[1] O v GRUBER, ZS f I 43, 1923, S 1, E DOLEŽAL, Int Arch f I gramm 6, 1919/23, S 255

ummarke Bei der praktischen Ausführung des Gerätes werden Abstands-, iten- und Höhenschlitten durch zwei Handräder und eine Fußscheibe (vgl die samtansicht in Abb 116) mittels Spindeln angetrieben, die Zeichnung selbst olgt auf einem seitlich stehenden Tisch (Koordinatograph, vgl auch die Beıreibung des WILDschen Autographen, S 74) mit fester Zeichenfläche Der ichenstift wird dabei durch einen Kreuzschlitten in Bewegung gesetzt, dessen itonantrieb mit der Verschiebungsspindel des Meßmarkenträgers (Abszissenındel) fest gekuppelt ist, während die Spindel für die Abstandsbewegung des ·istiftes bei wagrechten und schrägen Aufnahmen mit der Abstandsspindel Spindel), bei Steil- und Senkrechtaufnahmen mit der Höhenspindel (z-Spindel) verbinden ist

Die auf dem Träger T befestigten Projektoren Pr sind um je eine vertikale d horizontale, durch die vorderen Hauptpunkte der Projektionsobjektive O

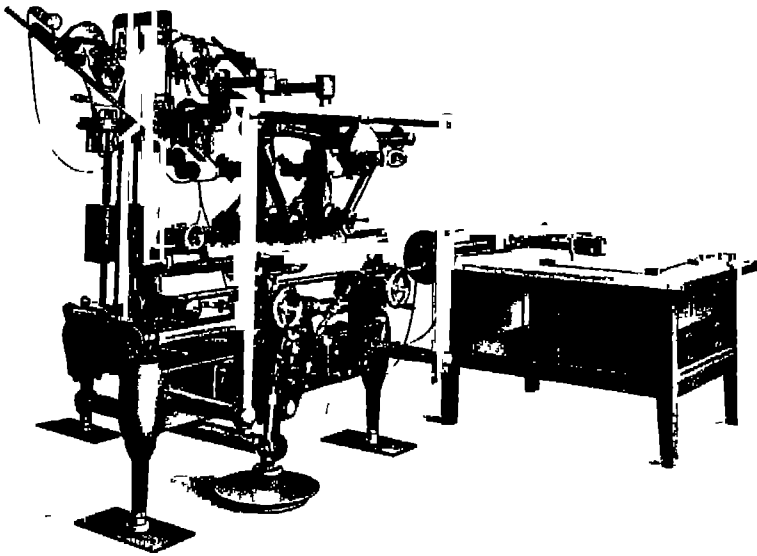



Abb 116 Stereoplanigraph nach W BAUERSFELD

ıende Achse verschwenk- und neigbar, sodaß den Projektoren die gleiche igung zum Horizont und die gleiche gegenseitige Richtung gegeben werden in die den Aufnahmen im Augenblick der Belichtung zukam

Zur maßstablichen Wiederherstellung der räumlichen Lage der Aufnahme sis, und zwar insbesondere ihrer Neigung zur Kartenebene, bedient man sich r des gleichen zweckmäßigen Verfahrens, von dem schon die früher beschriebe ı Geräte — mit Ausnahme des WILDschen — Gebrauch machten Man denkt h die Aufnahmebasis b in ihre Komponenten b_x, b_y und b in bezug auf die sprechenden drei Schlittenrichtungen zerlegt und stellt diese Komponenten vorgeschriebenen Maßstab im allgemeinen durch entsprechende Verschiebung Standpunkte ein Als solche gelten hier die vorderen Hauptpunkte der jektive O_1 und O_2 Dementsprechend ist bei der praktischen Ausführung ı Gerätes zunächst einer der Projektoren sowohl in der y- als auch in der Richtung verschiebbar Die Komponente b_x ist (vgl Aerosimplex, Abb 105, 83) die Differenz der Strecken O_1O_2 und m_1m_2 Die Einstellung dieser Kompo ıte konnte also wie es die schematische Abb 115 andeutet, durch Verschiebung ı Projektors Pr_1 in der x-Richtung vorgenommen werden Der Konstrukteur

hat es vorgezogen, die Änderung der Streckendifferenz durch Änderung der Entfernung $m_1 m_2$ der Meßmarken zu erzielen.

Die Meßmarken sind also nicht nur gemeinsam seitlich, sondern auch gegeneinander verschiebbar. Daraus und aus der im Interesse einer bequemen Beobachtung zu stellenden Forderung, trotz der gemeinsamen seitlichen Bewegung der Meßmarken die Okulare *Ok* unveränderlich fest zu lagern, ergaben sich beträchtliche Komplikationen im optischen Aufbau des Betrachtungsmikroskops (vgl. Abb. 117), das jetzt die Form eines Scherenfernrohres angenommen hat, dessen beiderseitige Arme nicht nur mehrfach in sich knickbar (Teile *A* und *B*), sondern auch noch um zwei winkelrecht zueinander stehende Achsen drehbar (Teile *C* und *D*) sein müssen. Die drehbaren Teile, die sogenannten „optischen Cardangelenke",[1] die in der schematischen Abb. 117 nur unvollständig wieder-

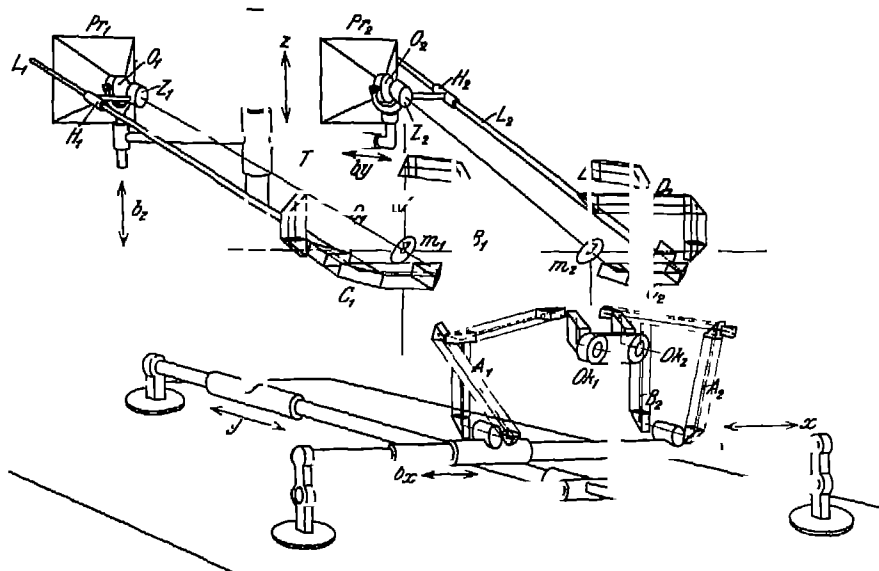



Abb. 117. Der optische Aufbau des Stereoplanigraphen nach W. Bauersfeld.

gegeben werden konnten (es fehlen je zwei zwangläufig angetriebene Umkehrprismen), sind notwendig, um die auf die Meßmarken *m* auffallenden Strahlen in die Richtung der Ziellinien des Betrachtungssystems zu bringen.[2] In Abb. 117 sind auch die als räumliche Lenker ausgebildeten Steuerorgane *L* angedeutet, durch welche die cardanisch um den vorderen Hauptpunkt der Objektive *O* drehbaren Zusatzsysteme *Z* (vgl. auch Abb. 115) und die oben erwähnten, die Meßmarken *m* tragenden optischen Cardangelenke aufeinander eingestellt werden.

Bei Abstandsänderungen der Projektoren gleitet jeder Lenker *L* in einer Führungshülse *H*, die an dem entsprechenden Zusatzsystem befestigt ist,

[1] D. R. P. Nr. 346027.

[2] Eine dem Stereoplanigraphen sehr ähnliche Einrichtung wurde der englischen Firma A. Barr & W. Stroud patentiert (E. P. Nr. 273388/1926). Da hier die Projektoren durch ein räumliches Kreuzschlittensystem bewegt werden und die Einstellung von b_x am Projektorträger erfolgt, so stehen die Meßmarken fest und das Betrachtungssystem wird sehr einfach. Da hier ferner die projizierten Bilder auf einer durchscheinenden Fläche aufgefangen werden, also nicht sogenannte Luftbilder sind, wird auch das optische Cardangelenk überflüssig.

sem muß zur Erreichung der scharfen Abbildung die Negativlinse gegen die sitivlinse um eine Strecke verschoben werden, die nach einem bestimmten setz von dem jeweiligen Abstand des Projektors von der entsprechenden ßmarke abhängt Man hat deshalb den Lenkern eine veränderliche, jenem setz entsprechende Dicke gegeben, so daß ein in der Fuhrungshulse an- brachter, auf dem Lenker aufliegender Hebel beim Hindurchgleiten des Lenkers entsprechende Linsenverschiebung bewirkt

Bei der oben beschriebenen SCHEIMPFLUGschen Doppelprojektion werden Herstellung des auszumessenden optischen Modells die aus den Objektiven Projektoren austretenden Lichtstrahlen selbst und unmittelbar benutzt, h zwischen Projektorobjektiv und Durchstoßpunkt des Lichtstrahles in der ojektionsebene befindet sich keinerlei irgendwie geartetes Zwischen- ed, das aus mechanischen oder optischen Gründen eine Richtungsanderung s projizierenden Strahles erzeugen konnte

Dieser bedeutsame Vorzug kommt dem Stereoplanigraphen nicht zu n ersieht aus der Gegenuberstellung beider Konstruktionen in Abb 118, ß an Stelle der absoluten Gera- n OP des SCHEIMPFLUGschen Ver- rens beim Stereoplanigraphen ein rahlenverlauf getreten ist, der so- hl in den Cardangelenken C_1 und als auch in der Fuhrung der Ne- tivlinse L eine allseitige Verschwen- ng bzw Knickung erfahren kann

Abb 118 Gegenüberstellung Der projizierende Strahl beim Doppelprojektor und beim Stereoplanigraphen

Soll keine der durch die erwähn- n Fehlerquellen bedingten Richtungs- weichung die Grenze von 1′ uber- reiten, so läßt sich leicht zeigen, ß zunachst die Schnittpunkte der rdanachsen innerhalb 0,023 mm sicher lagert sein mussen Hinsichtlich der gativlinse des Zusatzsystems, deren ennweite nur 40 mm beträgt, ist zu fordern, daß ihre optische Achse mit r Achse der Positivlinse zusammenfällt und sich so verschiebt, daß seitliche weichungen der Negativlinse unterhalb von 0,012 mm bleiben

Damit ist die BAUERSFELDsche Einrichtung hinsichtlich ihrer Leistungs- igkeit auch im gunstigsten Falle den beim Stereoautographen und Auto- rtographen als Verkorperung der Lichtstrahlprojektionen verwendeten starren ahllinealen nur gleichwertig für die Drehachsen dieser Lineale bzw der sie hrenden Gleitrollen gelten nämlich die gleichen Genauigkeitsanforderungen, hin- htlich der Geradheit der Linealkanten wird sogar nur 0,023 mm gefordert Dabei noch zu bedenken, daß sich bei den stabil gelagerten vertikalen Drehachsen der neale die angegebenen Anforderungen wesentlich leichter erfullen lassen als bei- ielsweise bei den Cardanachsen der Meßmarken (vgl Abb 117, Teile C und D)

Der Stereoplanigraph verwendet also zur Rekonstruktion keineswegs chtstrahlen im Sinne der starren Geraden am SCHEIMPFLUGschen Doppel- ojektor, er stellt demnach in dieser Beziehung keinen Fortschritt gegenuber n Geraten mit starrer Verkörperung der Lichtstrahlen dar[1] Mit der von

[1] Die von O v GRUBER a a O, S 2, ausgesprochene gegenteilige Behauptung nach den eben gemachten Ausführungen unzutreffend O v GRUBER betont mer nur die Kürze der Geradführung, erwähnt dabei aber nicht die höheren An- rderungen an diese und den Einfluß der Cardanachsen

Bauersfeld angegebenen Einrichtung wird nur das gleiche Ergebnis,[1] abe komplizierterem Wege erzielt

Bei stark verschwenkten Aufnahmen sind die Entfernungen des Ob von den Standpunkten und damit auch die Größen der Teilbilder mer verschieden Zur Erzielung eines einwandfreien stereoskopischen Effektes deshalb die dem Beobachter darzubietenden Bildelemente auf gleiche Grö bringen Das geschieht bei der Scheimpflugschen Doppelprojektion mit maßstäblichen Wiederherstellung des Objekts von selbst, es geschieht zv läufig auch bei Verwendung von scharf abbildenden Zusatzsystemen Bei nicht auf dem Doppelprojektionsverfahren beruhenden Geraten wird die Gl heit der Bildgrößen durch Anwendung einer veränderlichen Vergrößerun Betrachtungssystems (vgl Aerokartograph, Abb 119 sowie S 102) erziel

Die letztere Einrichtung ist übrigens vorteilhafter, da man bei der Reg der Bildgröße auf die Größe des Plattenkorns Rücksicht nehmen und be Kartierung der ferngelegenen Objektteile einer wagrechten oder schrägen nahme eine hier zweckmäßige geringe allgemeine Vergrößerung wählen]

24 Aerokartograph nach Hugershoff. Der von der Firma G Heyi Dresden nach Angaben von R Hugershoff[3] gebaute Aerokartograph[4] v 1926 in die Praxis eingeführt Das Instrument beruht auf dem gleichen Pi wie der Autokartograph (Abb 107, S 86) Dementsprechend dient zur stellung beliebiger Bildpunkte auf den Meßbildern B (vgl die schema Abb 119) ein unveranderlich wagrecht gelagertes Doppelperiskop F, wob vor den Fernrohrobjektiven angeordneten, um eine wagrechte Achse kipp Reflektoren R die Einstellung der Neigung der Bildstrahlen ubernehmen, wa die Einstellung der horizontalen Richtung dieser Strahlen durch eine entsprec

[1] Vgl hiezu die neueste vergleichende Genauigkeitsuntersuchung des kartographen und des Stereoplanigraphen durch das Reichsamt f Landesaufi in Berlin Fr Seidel, Mitt d Reichsamts f Landesaufn, Berlin 1928

[2] Durch die, wie wir eben sahen, nicht nur am Stereoplanigraphen vorha Möglichkeit zur gegenseitigen Abstimmung der Bildgrößen wird selbstverstä die Fähigkeit der Augen, aufgenommene Objekte stereoskopisch zu erfassen gewisse—vor allem durch die Konvergenz der aufnehmenden Strahlen—bedingte zen nicht erweitert Insbesondere ist die Bemerkung O v Grubers (a a C und Bildmess u Luftbildwes, 4, 1928, S 144), daß mit der Bauersfeldsche ordnung auch Aufnahmen stereoskopisch ausgearbeitet werden können, die keinen Stereoeffekt mehr ergeben würden, in der oben geschilderten optische richtung keineswegs begründet Die v Grubersche Behauptung gibt auch Fi walder (Taschenb d Landmess u Kulturtechn, Stuttgart 1929, S 327) w er geht offenbar von der irrigen Ansicht aus, daß bei den anderen Auswerteg der Beobachter bei konvergenter Zielstrahlenrichtung zu einer „unnatürlichen A stellung" gezwungen wäre Finsterwalder übersieht dabei völlig, daß bei lichen stereoskopischen Meßgeräten mit ihren unveränderlich in der Mit Okulargesichtsfeldes bleibenden Zielmarken der Beobachter die Zielrichtunge unabhängig von deren Konvergenz im Objektraum mit parallelen Augachse nimmt

[3] Nur von Hugershoff, nicht von Wolf und Hugershoff, wie J M Tc und O v Gruber in den Ann de la Soc de Estud fotogr 1, 1928, S 60 wol sehentlich angeben

[4] R Hugershoff, Der Aerokartograph, eine neue Ausführungsform des kartographen, Vorträge, gehalten im Nov 1926 auf der 2 Hauptvers d S Deutschland d Int Gesellsch f Photogramm Berlin 1927, H Gruner, Der kartograph nach Prof Dr Ing Hugershoff, Stuttgart 1929, P Gast, Allg Nachr 41, 1929, E A Shuster jr und E Haquinius, Manuel of instructions for ting the Hugershoff Aerocartograph, U S A Geol Survey, Washington 19'

·ehung der unter beliebiger Neigung zum Horizont einstellbaren Bildträger T ı ihre vertikalen Achsen V geschieht [1]

Der wesentliche Unterschied und zugleich Fortschritt gegenüber der Kon-·uktion des Autokartographen besteht darin, daß an Stelle der Verkörperung r vier Projektionen der Zielstrahlen (Abb 108, S 88), die Verkörperung ›ser Zielstrahlen selbst tritt Es werden also zur Aufsuchung der Einstellung sammengehöriger Bildpunkte zwei Raumlenker L benutzt, ähnlich denen,

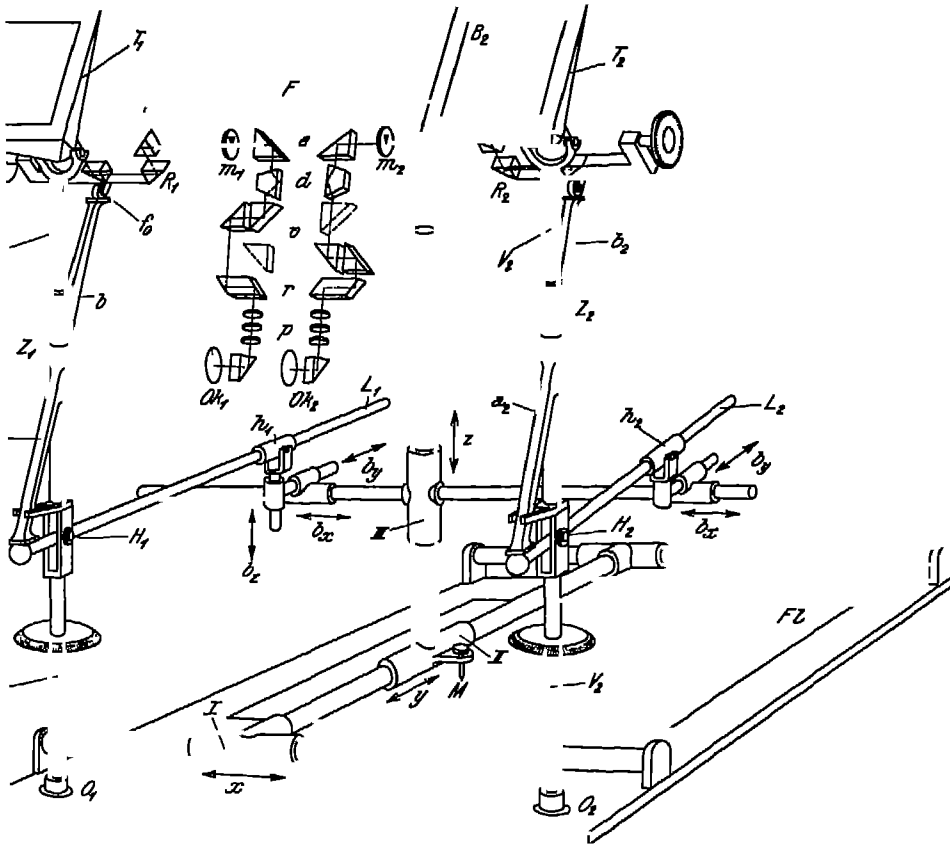



Abb 119 Konstruktionsschema des Aerokartographen nach R HUGERSHOFF

› sie beim WILDschen Autographen (S 73) Verwendung finden Dabei war r eine neue Aufgabe zu lösen, nämlich die, die jeweilige räumliche Richtung Lenker in ihre horizontale und vertikale Komponente (Richtungs- und ıgungswinkel) zu zerlegen und diese Komponenten zwangläufig auf die ent-echenden Bildträger T und Eintrittsreflektoren R zu übertragen

Die Lösung dieser Aufgabe[2] ist aus Abb 119 ersichtlich Die Raumlenker L hen sich, ähnlich wie der Fernrohrkörper eines Theodolits, um die vertikalen ısen (Stehachsen) V und kippen um die horizontalen Achsen H, Dreh- und ›pungswinkel entsprechen somit den gesuchten Richtungskomponenten, von

[1] D R P Nr 361154
[2] D R P Nr 452231, D R P Nr 470387 und D R P Nr 485571

denen sich die erstere unmittelbar auf den entsprechenden Bildträger T üb
trägt, da hier die Stehachsen V der Raumlenker mit den Stehachsen der B
träger identisch sind Längs jeder Stehachse gleitet ein Zwischenstück Z, des
untere Fläche f_u auf der rückwärtigen Verlängerung des Raumlenkers aufsi
während der Eintrittsreflektor R auf der oberen Fläche f_o des Zwischenstuc
ruht, infolgedessen setzt sich jede Kippbewegung des Raumlenkers in eine Gl
bewegung des Zwischenkörpers um, die wiederum eine Kippbewegung des I
trittsreflektors zur Folge hat Dabei entspricht der jeweilige Kippungswi
des Lenkers genau dem
weiligen Kippungswi
des Reflektors, wenn
Abstand der Auflage
chen f_o und f_u gleich
Abstand der Kippach
der Reflektoren R und
Lenker L ist und wenn
Punkte, in denen Ra
lenker und Reflektor
entsprechenden Aufl
flächen berühren, gle
Abstände von der S
achse V haben Zur
füllung dieser Bedingu
laßt sich die Auflagefl
f_o vertikal verschieben
die Lange des Hebela
mit dem der Reflektor
der Fläche f_o aufliegt,
sprechend regulieren

Abb 120 Aerokartograph nach R Hugershoff

Da der Reflektor R
eine festgelagerte wagre
Achse kippt, die Neig
des Lenkers dagegen
die wagrechte Achse H
folgt, die beliebige Rich
gen einnehmen kann
besteht das Zwischens
Z aus den beiden ge
einander verdrehbaren
len a und b Teil a wird vom Raumlenker auch seitlich mitgenommen
daß er in bezug auf die Stehachse nur eine Gleitbewegung ausfuhrt
Teilstück b, das hulsenförmig über einem zylindrischen Fortsatz des Teilstu
a steckt, wird durch eine (in Abb 119 nicht wiedergegebene) Vorrichtun
einer Drehung im Raum verhindert, er verdreht sich nur relativ zum T
mit dem er gemeinsam entlang der Stehachse V gleitet, ohne diese zu beruh
Die Verdrehung des Teiles b gegen den Teil a, ebenso wie die Gleitbewegung
Teiles a gegen die Stehachse V, wird durch Verwendung von Kugella
praktisch reibungslos gemacht [1]

Die Aufsuchung bzw Einstellung beliebiger Paare von identischen

[1] Über eine weitere Sondereinrichtung, die eine hemmungslose Übertragun
Neigungswinkel auch bei stärkster Aufnahmeneigung gewahrleistet, vgl die
S 98 angeführten Abhandlungen

unkten geschieht durch eine entsprechende gemeinsame Richtungsänderung eider Lenker Die Richtungsänderung erfolgt durch die Basisbrucke *III*, mit er die beiden Lenker verbunden sind und die mit Hilfe eines räumlichen Kreuzchlittens parallel mit sich selbst beliebig verschoben werden kann Die drei chlitten (Seiten- oder x-Schlitten *I*, Abstands- oder y-Schlitten *II* und Hohenler z-Schlitten *III*) werden bei der praktischen Ausfuhrung des Gerätes Abb 120) wieder durch zwei Handräder und eine Fußscheibe betätigt

Als Verbindungsglieder der Lenker mit der Basisbrücke dienen die Hülsen h, nerhalb deren die Lenker gleiten Die Hülsen lassen sich um je eine wagrechte nd senkrechte Achse drehen, deren Schnittpunkte die Aufnahmestandpunkte ähnlicher Weise vorstellen, wie es für den Stereoautographen (S 68) behrieben wurde Die dort gezeigte Abb 89 ist gleichsam die Grundrißojektion der entsprechenden Einrichtung am Aerokartographen

Die Standpunkte sind in den drei Achsrichtungen des Gerates verschiebbar, daß mit Hilfe dieser Verschiebungseinrichtungen die Komponenten der Aufhmebasis b in bezug auf die Achsrichtungen des Gerätes (namlich b_x, b_y und b_z) aßstäblich eingestellt werden konnen Da hier ebenso wie an den fruher behriebenen Universalgeraten und am WILDschen Autographen bei Senkrechtnd Steilaufnahmen die Bildträger auf das Komplement der Aufnahmeneigungen ngestellt werden, an Stelle der durch O_1 und O_2 (Apparatebasis) gedachten orizontalebene also die Vertikalebene durch diese Punkte als Kartierungsbene tritt, wird bei wagrechten und schrägen Aufnahmen ein Höhenunterschied r Aufnahmestandpunkte durch b_z, bei Steil- und Senkrechtaufnahmen aber urch b_y wiedergegeben [1]

Abweichungen (Verschwenkungen) der Aufnahmerichtungen von der inkelrechten zur Basis (bei wagrechten und schrägen Aufnahmen) und von der nkrechten (bei Senkrecht- und Steilaufnahmen) werden durch entsprechende erschwenkung der Bildtrager[2] berücksichtigt, die zu diesem Zweck gegen ihre ehachsen beliebig verdrehbar und mit ihnen verklemmbar sind

Da hier im Gegensatz z B zum Stereoplanigraphen jeder Punkt der im aume allseitig verschiebbaren Aufnahmebasis eine der scheinbaren Bahn der aummarke kongruente Bahn beschreibt, wird ein am Abstandsschlitten *II* festigter Bleistift *M* auf der im Apparat selbst liegenden Zeichenflache *Fl* i wagrechten und schragen Aufnahmen unmittelbar die Horizontalprojektion r eingestellten Modellpunkte aufzeichnen, wobei diese Aufzeichnung von einem waigen toten Gang der Antriebsspindeln unbeeinflußt ist Auch die Ausbeitung von Senkrecht- und Steilaufnahmen kann auf der im Apparat liegenden ichenflache erfolgen Bei der praktischen Ausfuhrung des Gerates ist die ntriebsspindel fur die Vertikalbewegung des Hohenschlittens *III* parallel ben die Gleitbahn des Abstandsschlittens *II* gelegt und mit dieser Gleitbahn meinsam seitlich verschiebbar[3] Lost man also den Bleistift *M* vom Schlitten *II* ıd kuppelt ihn durch eine Mutter mit der erwahnten Antriebsspindel des Schlittens, so gibt er die Projektion der jeweiligen Stellung der Raummarke f die vertikale xz-Ebene des Apparates, im vorliegenden Falle also auf die rtenebene fur jene Aufnahmen wieder Außer der besprochenen ebenen ichenflache besitzt der Aerokartograph — ahnlich wie der Autokartograph, l S 91 — eine zylindrische Zeichenflache (Abb 120), auf der die Rekonuktion jeder Art von Aufnahmen unmittelbar unter den Augen des Beob-

[1] Vgl S 184, Anm 1

[2] Über wichtige Sondereinrichtungen an diesen vgl S 178 und die auf S 98 gegebenen Abhandlungen

[3] Vgl die auf S 98, Anm 4 angegebenen Abhandlungen

achters erfolgt, wobei ganz nach Wunsch durch eine einfache Schaltung d
zweite Karte im gleichen oder im doppelten Maschinenmaßstab ausgearbe
werden kann Außerdem kann das Gerät selbstverständlich auch mit ei
Koordinatographen (S 74 und S 95) gekuppelt werden

Die Höhen der Objektpunkte können sowohl an Skalen, die an der Gl
bahn des z-Schlittens *III* (wagrechte und schräge Aufnahmen) bzw des
Schlittens *II* (Senkrecht- und Steilaufnahmen) angebracht sind, oder an ei
Zahlwerk abgelesen werden, letzteres gibt die Höhenzahlen unmittelbar in Me
auch bei verschiedenen Kartierungsmaßstäben

Ebenso einfach wie der mechanische Aufbau des Gerätes ist seine K
struktion in optischer Beziehung Jedes der beiden Einzelfernrohre zeigt
Teile das eigentliche Meßfernrohr (innerhalb des Eintrittsreflektors) und
Betrachtungsfernrohr Das Meßfernrohr besteht im wesentlichen aus ei
(in der schematischen Abb 119 nicht gezeichneten) Objektiv und der nahe
Brennpunkt dieses Objektivs liegenden Meßmarke *m*, auf der sich das eingest
Bildelement abbi
Fehlerquellen für
Messung können
in diesem kippb
Teile des Betr
tungssystems
treten, die do
seitige Lagerung
Reflektorkörpers
die infolge s
Kurze stabile
struktion verhin
ihr Wirksamwe

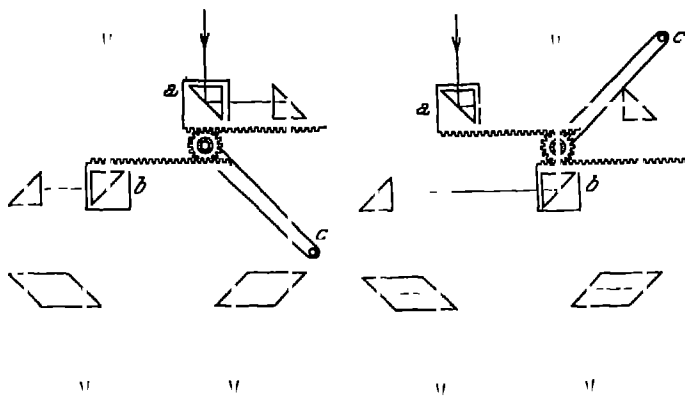



Abb 121 und 122
Einrichtung zur Umkehrung des Stereoeffektes nach R Hugershoff

Im Gege
zum Meßfernroh
eine etwaige
cherheit in der S
lenführung im Betrachtungsfernrohr ohne jeden Einfluß auf die Pra
der Messungen eine etwaige Verlagerung des Zielstrahles durch die im
trachtungsfernrohr untergebrachten beweglichen Teile verlagern Bild
Meßmarke gemeinsam

Dieser sonach unempfindliche Teil des optischen Systems besitzt zun
ein (in Abb 119 nicht gezeichnetes) Objektiv, das zwischen dem Eckpri
und der Meßmarke *m* so angeordnet ist, daß sein Brennpunkt mit *m* zusam
fällt Infolgedessen sind die aus dem genannten Objektiv austretenden Str
parallel Sie durchlaufen das Eckprisma *c*, das mit dem Reflektor durc
Kegelradgetriebe zwangläufig verbundene, mit der halben Winkelgeschw
keit des Reflektors sich drehende bildaufrichtende Dove-Prisma *d* (vgl
kartograph, S 91), das System der Verschiebeprismen *v* (s u), die Rho
prismen *r* und treffen auf das Objektivsystem *p* eines pankratischen[1]
rohres, das nun nahe der Brennebene der Okularlupe *Ok* ein reelles Bild ent
dessen Größe durch gegenseitige Verschiebung der Einzelteile des Syst
kontinuierlich so geändert werden kann, daß die Vergrößerung des gesamte
schen Systems zwischen den Grenzen 2fach und 4½fach beliebig wählba

---

[1] Chr v Hofe, Fernoptik, S 97

[2] Über die Vorteile dieser Einrichtung vgl S 98

Beide Okulare besitzen neben einer Regulierbarkeit ihres horizontalen bstandes die für eine zwangfreie stereoskopische Beobachtung unerläßliche, if S 58 beschriebene Einrichtung zur Verlagerung der Austrittspupillen ich im vertikalen Sinne

Die oben erwähnte verschiebbare Prismenanordnung,[1] die in den Abb 121 und 22 besonders dargestellt ist, gestattet, — je nach Bedarf — das linke und rechte ild normalerweise den entsprechenden Augen oder aber das linke Bild dem chten Auge und umgekehrt zuzuleiten Die Verschiebung der Prismen *a* und *b*, e also eine Umkehrung des Stereoeffektes ergibt, geschieht durch eine kurze ewegung des Hebels *c* Diese Möglichkeit zum raschen Wechsel zwischen sitivem und negativem Stereoeffekt hat besondere Vorzüge z B bei der Ausbeitung von nahezu senkrecht aufgenommenen Waldgebieten Bei der Umhaltung verschwinden gleichsam die bei der Abtastung des Erdbodens störenden äume im Boden, so daß die der Meßmarke zugänglichen Oberflächenteile deutih hervortreten

Außerdem wird es mit Hilfe dieser Einrichtung möglich, die Einzelaufihmen einer Bildreihe fortlaufend auf optisch-mechanischem Wege aneinander i passen, ohne daß eine Umlegung der Meßbilder oder ihre Drehung (mit entrechenden Neueinstellungen) im Bildträger notwendig wird, durch die auf den Fall die Feinheiten der vorhergehenden relativen und absoluten Orienerung zerstört werden Über die durch diese Einrichtung geschaffene Möglichit zur Durchführung einer Aerotriangulation vgl S 193ff

Das Gerät kann infolge seines kompendiösen, auch die Zeichenvorrichtung ithaltenden Aufbaues von einem einzigen Mann bedient werden, der zudem mtliche Einstellungen unmittelbar von seinem Sitz aus vornehmen kann as ist von besonderer Bedeutung für eine rasche und präzise Durchführung er optisch-mechanischen Orientierung von Bildpaaren (s S 183ff)

VI. Aufnahmegeräte

A. Allgemeines

25. Hilfsmittel zur Festlegung der inneren Orientierung der Kammern Die otwendigkeit, für jede beliebige, mit derselben Kammer hergestellte Aufnahme ie Lage des erhaltenen Meßbildes zum entrum der Perspektive (vgl S 9 nd besonders S 159) im Augenblick er Belichtung angeben zu können, erirdert zunächst einen starren, aus etall hergestellten Kammerkörper *K* Abb 123), gegen dessen hintere ihmenförmige Begrenzung, den Bildihmen *R*, die lichtempfindliche chicht *S* vor der Belichtung möglichst anzupressen ist Diese Anpresing erfolgt im allgemeinen durch einen ruck auf den Kassettenrahmen R′ is zum Einschnappen einer Arretierorrichtung, wobei eine oder mehrere i der Kassette angebrachte Federn *F* viel Spielraum gewähren, daß die ildplatte nicht zerdrückt werden kann Nach dem Lösen der Arretiervor-

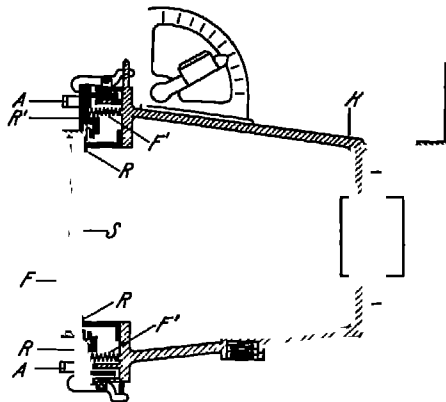



Abb 123 Konstruktionsschema einer Meßkammer

[1] D R P Nr 459863.

richtung drücken die Federn F′ den Kassettenrahmen wieder bis zu den . schlägen *A* zurück, so daß sich der Kassettendeckel wieder einführen und Kassette entfernen läßt Der Bildrahmen wird vom Hersteller zwecks Erziel einer in allen Teilen scharfen Abbildung tunlichst so geschliffen, daß seine Eb parallel zu den Objektivhauptebenen ist

Wichtiger noch als der Bildrahmen sind die zweckmäßig in ihm oder seiner Ebene anzubringenden Bildmarken, die sich bei dieser Anordn als Silhouetten auf der Aufnahme abbilden Die Bildmarken sollen die F feiner kreisförmiger Locher oder bei Verwendung einer im Kammerkörper angebrachten Planglasplatte als Anpreßflache fur Filme (vgl S 125) die F kleiner Kreise mit Punkten im Zentrum haben [1] Sie sollen ungefahr in den Sei mitten des Bildrahmens (nicht in dessen Ecken) angebracht und so justiert s daß ihre Verbindungslinien winkelrecht aufeinander stehen und der Schn punkt der Verbindungslinien mit dem Hauptpunkt der Rahmenebene zusamn fallt (S 157) Bei ausschließlich terrestrisch verwendeten Kammern (Kamm mit fester Aufstellung) wird außerdem gefordert, daß die Verbindungslinie e der beiden Markenpaare (*hh*-Linie) winkelrecht zur Stehachse der Kam (s u) verläuft (Bildhorizont oder Haupthorizontale)

Bei einzelnen Kammerkonstruktionen werden die Bildmarken auf Aufnahme dadurch erzeugt, daß in der Kammer angebrachte kleine H objektive eine auf oder im Kammerobjektiv befindl kreisförmige Marke im Augenblick der Belichtung auf Aufnahme abbilden [2] Eine derartige Einrichtung ver dert[3] jedoch die exakte Bestimmung der Konsta (der Öffnungswinkel) der Meßkammer durch unmittell Messungen an dieser, vgl S 162

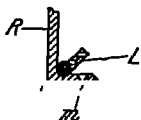



Abb 124 Beleuchtung der Bildmarken nach R HUGERSHOFF

Bei Aufnahmen des Sternhimmels (S 34) oder e bei Aufnahmen von Geschoßbahnen (vgl S 141) sind Bildmarken besonders sichtbar zu machen, das kann r einem Vorschlag der Firma CARL ZEISS durch vorhergehende kurze Allgem belichtung der Platte oder nach einer Konstruktion von R HUGERSH durch mit Leuchtmasse *L* (Abb 124) versehene Plättchen geschehen, die Bildrahmen *R* wegschlagbar und so befestigt sind, daß die Leuchtmasse l Gebrauch unmittelbar hinter der Bildmarke *m* zu liegen kommt

26. Hilfsmittel zur direkten Bestimmung der äußeren Orientierung der nahmen. Meßkammern, die ausschließlich für terrestrische Aufnahmen stimmt sind und darum fest aufgestellt werden können, erhalten zunächst vertikale Drehachse (Stehachse), die entweder fest mit dem Kammerkörper s (Kammern mit fester vertikaler Bildebene, Photogrammeter) oder mit e gabelformigen Lager verbunden ist, in dem die Kammer mittels einer weit horizontal zu stellenden Achse (Kippachse) ruht (Kammern mit neigbarer ebene, Phototheodolite) Die Stehachse wird, ahnlich wie beim Theodol

[1] Spitzen als Bildmarken sind ungeeignet, bei nicht genau am Bildrahmei liegendem Meßbild läßt sich die unscharfe Abbildung der Spitzen nicht verwe im Gegensatz zu kreisförmigen Marken als Bildmarken, bei denen der Mittelpunk sich ergebenden (unscharfen) Ellipse genau dem Kreismittelpunkt an der Kan bildmarke entspricht

[2] Fa CARL ZEISS, Jena, D R P angem Z 9520, Kl 57a, vom 3 Jan

[3] Die von S FINSTERWALDER behauptete Notwendigkeit der Verwen solcher optisch erzeugter Bildmarken (vgl Taschenb d Landmess u Kulturtc S 325, Stuttgart 1929) liegt nicht vor

[4] D R G M Nr 720191

Büchse eines Dreifußuntergestells gelagert, das auf einem Stativ zu befestigen
Die Orientierung der Aufnahmerichtung einer solchen Kammer zunachst
Lotlinie erfolgt selbstverständlich mittels Libelle, die bei Photogram-
.ern in fester Verbindung mit dem Kammerkörper steht und so zu justieren
daß ihre Achse winkelrecht zur Ebene des Bildrahmens steht Bei Photo-
ɔdoliten wird zweckmäßig neben einer mit der Stehachse fest verbundenen
elle eine weitere Libelle verwendet, die fest mit der Alhidade des Höhenkreises
bunden ist, an dem die Neigung der Bildebene abzulesen ist Die Richtung
Aufnahme wird im allgemeinen an einem horizontalen Teilkreis abgelesen,
an der Buchse des Dreifußunterbaues oder bei Photogrammetern auch am
nmerkorper befestigt sein kann Als Ausgangsrichtung wahlt man dabei
Richtung nach einem beliebigen, seiner Lage nach bekannten Punkt (Basis-
punkt, trigonometrischer Punkt), dessen Einstellung mit Hilfe eines Fern-
res geschieht, das im allgemeinen mit der Kammer verbunden ist Bei Photo-
nmetern findet man bisweilen auch eine am Kammerkorper angebrachte
ısole zur Bestimmung der Aufnahmerichtung gegen den (magnetischen)
ıdian

Die Stellung der Kammerachse zu den Orientierungseinrichtungen wird
einigen Instrumenten nicht abgelesen, sondern selbsttatig photographisch
ɜrt So bildet sich z B bei dem Photogrammeter von BRIDGES-LEE
b 149)[2] die Stellung eines auf einer Magnetnadel befestigten transparenten
ſkreises gegen die *vv*-Linie auf dem Meßbild ab Bei Kammern zur photo-
mmetrischen Festlegung von rasch bewegten Objekten (Phototheodolite
Bestimmung der Flugbahn z B von Pilotballonen[3]) wird bisweilen sowohl
Horizontal- als auch der Vertikalkreis mitsamt der entsprechenden Ablese-
richtung und außerdem zumeist noch die Stellung der Zeiger einer Uhr
Augenblick der Belichtung auf die Aufnahme abgebildet Ein besonders
;inelles Verfahren fur diesen speziellen Zweck wurde von P RAETHJEN an
eben[4] Seine beliebig neigbare Aufnahmekammer besitzt ein in der ruck-
tigen Verlangerung der optischen Achse des eigentlichen Aufnahmeobjektivs
endes zweites Objektiv Wahrend das erste Objektiv das bewegte Objekt
nimmt, bildet das zweite Objektiv gleichzeitig und auf das gleiche Bildfeld
Gradeinteilung einer (Halb-)Kugel ab, die unabhängig vom Phototheodolit
und konzentrisch zum Schnittpunkt seiner Steh- und Kippachse aufgestellt ist

Die Bestimmung des Standpunktes der Aufnahme nach Lage und Hohe
ɔlgt nach den ublichen Methoden der Vermessungskunde (Rückwartsein-
neiden, gegebenenfalls auch Vorwartseinschneiden oder Polygonzugsmessung,
onometrische oder geometrische, seltener barometrische Höhenmessung),
.achst unter Benutzung der erwahnten an der Kammer selbst angebrachten
fsmittel

Bei fest aufgestellten Meßkammern ist also eine unmittelbare Bestim-
ng samtlicher Elemente der außeren Orientierung moglich, und zwar ist diese
, während oder nach der Aufnahme durchfuhrbar Im Gegensatz hierzu ist fur
nahmen von bewegten Standpunkten aus eine exakte direkte (und selbst-
standlich nur gleichzeitige) Bestimmung der außeren Orientierungselemente
s nur teilweise und auch nur in Ausnahmefallen durchfuhrbar So kann man

[1] Bezgl der Justierung von Photogrammetern und Phototheodoliten vgl die
ter unten angegebenen Sonderabhandlungen über die verschiedenen Aufnahme-
ite

[2] E DOLEŽAL, Int Arch f Photogramm 3, 1912, S 126

[3] Z B Theodolit der ASKANIA-WERKE Berlin, D R P Nr 453719

[4] Umschau 1927, Nr 47, und D R P Nr 464433

z B die Raumkoordinaten des Standpunktes einer Ballonaufnahme, nicht einer Flugzeugaufnahme,[1] durch gleichzeitige photogrammetrische Aufnal von der Erde aus feststellen [2] Zur Ermittlung des Nadirpunktes und damı Neigung und Richtung einer nahezu senkrechten Freiballonaufnahme kann nach einem Vorschlag von FR SCHIFFNER[3] eine Anzahl von Leinen mitp graphieren, die vom Ballonäquator frei herabhangen Der Schnittpunkt Bilder ergibt das Bild des Nadirpunktes Weiter kann man fur Aufnal vom Schiff (im allgemeinen aber nicht vom Flugzeug[4]) aus die Neigung und kantung einer nahezu wagrechten Aufnahme durch gleichzeitige Aufnahm (Meeres-)Horizontes festlegen (Küstenvermessungskammer[5] von R Hu(HOFF, s S 147)

Es ist wiederholt daran gedacht worden, an Stelle des naturlichen Horiz einen kunstlichen gleichzeitig mit der Aufnahme abzubilden Der theore zur Herstellung eines solchen Horizontes am besten geeignete Kreisel (S gibt eine zu geringe Genauigkeit (s unten) und ist zu kompliziert Einf gestaltet sich die Verwendung von Libellen (dosenformigen oder Kreuzlib im Markenrahmen fur Senkrechtkammern[6] oder teilweise mit Quecksilbe füllter geschlossener Röhren in Form von rechteckigen Rahmen, die unmitt vor der Bildebene angeordnet sind[7] oder die Verwendung von Pendelr transparenter Gradeinteilung, die unmittelbar vor der Rahmenebene schwı wie z B das sogenannte „ERNEMANN-KOERNER-Lot“ [8] Libelle und P geben aber nur bei ruhendem oder gleichförmig bewegtem Auflager wahren Horizont bzw die wahre Lotrichtung an Aus diesem Grunde sie, abgesehen von der diesen Einrichtungen an sich zukommenden ; gen Genauigkeit für eine exakte Orientierung von Flugzeugaufnahmeı brauchbar

Von einigen Konstrukteuren wurde vorgeschlagen, gleichzeitig mit Gelände die Sonne[9] und die Zeigerstellung einer Uhr zu photographieren Aı Uhrangabe laßt sich unter gewissen Voraussetzungen Azimut und Neig winkel der Richtung nach der Sonne berechnen Da aber die Kenntnı Richtung eines Bildstrahles zur äußeren Orientierung selbstverstandlich

[1] Der diesbezügliche Vorschlag von J BOER (Bildmess u Luftbildwes, 3, S 1), durch gerichtete Heliotropsignale vom Boden aus die Standpunkte deı nahmen und ihre sonstigen Orientierungselemente zu ermitteln, dürfte sich praktisch verwirklichen lassen

[2] R HUGERSHOFF und H CRANZ, Grundlagen usw, S 4, Anm 6, un C ZEISS, D R P Nr 301 322, ferner A KLINGATSCH, Int Arch f Photogram 1917, S 199

[3] FR SCHIFFNER, Die photogr Meßkunst, Halle 1892, S 54

[4] Dem von J BOER a a O gemachten Vorschlag, mittels eines kegelför Spiegelvorsatzes vor dem Aufnahmeobjektiv der Flugzeugkammer den natür Horizont zu photographieren, dürfte schon wegen der Unbestimmtheit des let kaum praktische Bedeutung zukommen

[5] D R P Nr 305085, H GRUNER, Bildmess u Luftbildwes, 3, S 110

[6] In Verwendung z B bei der Luftbildkammer der WILLIAMSON MAN TURING Co, LTD, England (Eagle-Air-Camera)

[7] Niveau Jardinet, vgl J TH SACONEY, Métrophotographie, Paris 1913

[8] F DOLEŽAL, Int Arch f Photogramm 6, 1919/23, S 24 Eine Übe über verschiedene Libellen und Pendeleinrichtungen gibt L P CLERC, Applic de la Photographie Aérienne Paris 1920

[9] S FINSTERWALDER, Akad d Wissensch, München 1917, II KRU D R P Nr 424509

eicht, so erscheint es zweifelhaft, ob sich die immerhin umständliche Berech-
g praktisch lohnt [1]

Es ist einleuchtend, daß man hinsichtlich Neigung und Richtung einer
nahme von einem bewegten Standpunkt und insbesondere vom Flugzeug
irgendwelche vorgeschriebene Werte, so z B die Parallelität der Achsen
biger aufeinanderfolgender Aufnahmen, nicht einhalten kann Die dies-
iglichen, theoretisch durchaus ansprechenden Versuche, durch Verwendung
Kreiseln die Aufnahmekammer selbst[2] oder, was wesentlich vorteilhafter
die (äußere) Kammerachse[3] zu stabilisieren, mussen zur Zeit wenigstens als
ichtslos angesehen werden Abgesehen von der Kompliziertheit der Ein-
tung und der Gefahr, die ein Kreisel im Flugzeug bedeutet, machen die unver-
lichen Nutationsbewegungen eine nachtragliche indirekte Orientierung
i immer notwendig Damit wird aber die Verwendung des Kreisels über-
ig, denn eine ungefahre außere Orientierung läßt sich stets rasch und auf
ache Weise finden (vgl S 164)

Auch der Vorschlag, eine vorgeschriebene Orientierung der Aufnahmen da-
h einzuhalten, daß man die Kammer mit zwei Fernrohren verbindet, in denen
h entsprechende Neigung der Kammer der Horizont fortlaufend eingestellt
den soll, während gleichzeitig die Kammer um eine senkrechte Achse so zu
ien ist, daß das von einem uhrwerkangetriebenen Spiegel reflektierte Sonnen-
dauernd auf einer Einstellmarke einspielt,[4] dürfte praktisch kaum Bedeutung
ngen, und zwar schon deshalb nicht, weil keinerlei Kontrolle dafür vorhanden
daß im Augenblick der Belichtung die erforderlichen Einstellungen auch
lich und exakt durchgefuhrt waren

Die Übersicht zeigt, daß eine direkte und exakte Bestimmung sämtlicher
nente der äußeren Orientierung einer Aufnahme von bewegtem Stand-
kt aus praktisch nicht möglich ist Diese Aufgabe ist nur auf indirektem
ge zu lösen, und zwar unter Benutzung des Bildinhaltes und auf Grund von
abgebildeten Gelandepunkten, deren Lage und Hohe bekannt ist, vgl S 166 ff
tbildmeßkammern, die freihandig oder in einem Aufhangegestell benutzt
den, bedürfen also grundsatzlich keiner Sondereinrichtungen zur äußeren
ntierung der Aufnahmen, dagegen sind sie zur ungefahren Einhaltung
isser Aufnahmevorschriften (vgl S 144) mit einem einfachen Bildsucher
einer Dosenlibelle zu versehen, gelegentlich ist eine solche auch im
rn des Kammerkorpers so anzuordnen, daß ihre Blasenstellung zur Ab-
ung kommt

27 Objektive von Meßkammern Ein photographisches Objektiv fur photo-
nmetrische Zwecke hat zunachst und ganz allgemein aus wirtschaftlichen
nden die Forderung zu erfullen, daß es ein möglichst großes Bildfeld von
igstens 54° Öffnungswinkel[5] (entsprechend einem Kreis, dessen Durchmesser
h der Objektivbrennweite ist), scharf auszeichnet

Hinsichtlich der Lichtstarke sind die Anforderungen bei Aufnahmen ruhender
ekte von festen Standpunkten aus im allgemeinen gering Dagegen verlangt

---

[1] Das Verfahren wurde außer durch andere auch von E SANTONI vorgeschlagen,
O KOERNER, Bildmess u Luftbildwes 2, 1927, S 80

[2] C P GOERZ, A G, Berlin, D R P angem O 11175, Kl 42c, vom 10 Sept
)

[3] Fa CARL ZEISS, D R P angem Aktenz Z 10636, Kl 57a, vom 19 Okt 1918

[4] Diese Teileinrichtung ist dem bekannten BOYKOWschen Sonnenkompaß nach-
ldet

[5] Bei Objektiven mit größerem Bildfeldwinkel macht sich im allgemeinen ein
itabfall nach dem Rande der Aufnahme hin störend bemerkbar

die zumeist beträchtliche Geschwindigkeit der Luftfahrzeuge fur die in ihnen verwendenden Kammern Objektive von größerer relativer Öffnung (1 4 bis 1

Verschieden sind auch die Anforderungen hinsichtlich der Verzeichnur freiheit[1] Vor der allgemeineren Einfuhrung des Koppeschen Prinzips der B messung (vgl S 44) war der Grad der Verzeichnungsfreiheit entscheid fur die Beurteilung eines Objektivs auf seine Verwendbarkeit für photogr metrische Zwecke, er ist es selbstverstandlich auch jetzt noch, wenn die Rek struktion des Objektes nicht nach jenem Prinzip, sondern beispielsweise Hilfe des Komparators oder des Stereokomparators bzw des Stereoautograp durchgefuhrt werden soll, also mit Geräten, die vorzugsweise der Ausarbeit von terrestrischen Aufnahmen dienen, fur die nach dem Gesagten lichtste Objektive im allgemeinen nicht notwendig sind Hierin liegt ein besonderer V teil insofern, als die Forderung der Verzeichnungsfreiheit mit der Forder einer großen Lichtstärke bei gleichzeitiger scharfer Auszeichnung eines gro Bildfeldes in einem gewissen Widerspruch steht Es besteht übrigens die M lichkeit, die Verzeichnungsfehler durch Vorschalten einer planparallelen G platte vor die lichtempfindliche Schicht zu kompensieren[2]

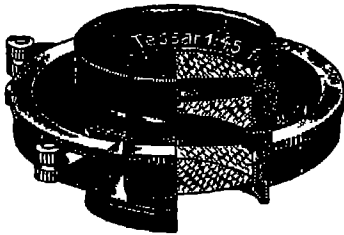



Abb 125 Tessar der Fa C Zeiss, Jena

Abb 126 Xenar der Fa Jos Schneider & Co, Kreu

Die Unabhängigkeit der Koppeschen Richtungsmessung von Verzeichn fehlern des Aufnahmeobjektivs ist freilich nur dann vorhanden, wenn Fehler beim Kammerobjektiv und bei den entsprechenden Bildtragerobjekt vollig gleich sind Der Umstand, daß die verwendeten Objektive von gleic Typus, gleicher Brennweite und gleicher relativer Öffnung sind, gibt fur die Gl heit der Verzeichnungsfehler leider — bisweilen sogar bei Fabrikaten angese Firmen — nicht ohne weiteres volle Sicherheit

Es ist in dieser Hinsicht stets eine besondere Prufung notig, die an quemsten und genauesten mit einem Goniometer durchzufuhren ist, w

[1] Die Verzeichnung verhindert bekanntlich die winkeltreue Abbildung ein zugeordneter Objekt und Bildebenen Sie äußert sich in einer allmählichen Änd des Maßstabes der Darstellung des Objektes von der Mitte der Aufnahme nach Rande hin, wobei man sich diese Maßstabsänderung verursacht denken kann eine allmähliche Änderung der Brennweite mit zunehmendem Neigungswink Bildstrahlen gegen die optische Achse des Objektivs, vgl Hugershoff und C Grundlag d Photogramm a Luftfahrzeugen Stuttgart 1919 Man vergleiche hierzu M v Rohr Das photogr Objektiv Berlin 1899, E Wandersleb, ZS f 1907, S 33ff u 75ff, F Staeble, ebendort, W Zschokke, Int Arch f Photogr 4, 1913/14, S 154, L Oberlander, Int Arch f Photogramm 6, 1919/23, S F Weidert, Die Eigenschaft der phot Objektive m Rücksicht auf ihre Ver z Bildmessung, Vorträge, gehalten bei der 2 Hauptversamml d Int Ges f P gramm, Berlin 1927

[2] K Zaar, Int Arch f Photogramm 6, 1919/23, S 199, und J C Gard und A H Bennett, Journ of the Opt Soc of America, 14, 1927 S 245

S 163 als Kammerprufungstheodolit beschrieben wird Die Objektive sind)ei in ihrer Gebrauchsfassung, d h also nach ihrer Montage in das Kammer- ? in das Bildtragergehäuse in der Weise zu untersuchen, daß man am Anlege- men der betreffenden Geräte ein- und dieselbe zweckmaßig mit einem Netz htwinklig sich kreuzender Linien (GAUTIER-Gitter) versehene Glasplatte estigt, nach entsprechender Orientierung dieses Netzes die Horizontal- und tikalwinkel nach möglichst vielen über das ganze Bildfeld verteilten Netz- ikten mißt und die Richtungswerte für entsprechende Eckpunkte vergleicht ı Abweichungen zusammengehöriger Richtungen sollen im allgemeinen unter ' bleiben Bei den Messungen ist besonders darauf zu achten, daß das Ob- tiv des Beobachtungsfernrohrs und das zu untersuchende Objektiv genugend ıau gegeneinander zentriert sind und daß das Kammerobjektiv bei derjenigen ndenöffnung untersucht wird, die bei den Aufnahmen benutzt werden soll und , Rücksicht auf gewisse Bildfehler des Objektivs[1] konstant einzuhalten ist

Zu den fur Luftbildmeßzwecke geeigneten Objektiven gehören das Tessar ı C ZEISS in Jena (Abb 125) mit dem Öffnungsverhältnis 1 4,5 und 1 6,3, ı Xenar (Abb 126) von Jos SCHNEIDER & Co in Kreuznach (Öffnungs- hältnis 1 4,5 und 1 5,5) und das Dogmar von C P GOERZ in Berlin)b 127), dessen Spezialtypus mit der relativen Öffnung 1 6,3 besonders

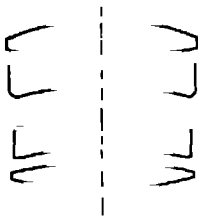



Abb 127 Dogmar der I a C P GOERZ, Berlin (ZEISS IKON A G, Dresden)

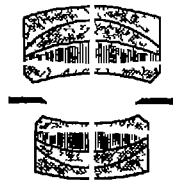



Abb 128 Doppelprotar der Fa C ZEISS, Jena

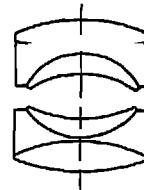



Abb 129 Dagor (Geodar) der I a C P GOERZ, Berlin (ZEISS IKON A G, Dresden)

ınge Verzeichnungen aufweist Vorzugsweise kommen fur terrestrische Zwecke Frage das Doppelprotar von C ZEISS (Abb 128) mit der relativen Öffnung 7,7 und der GOERZsche Dagor (auch Geodar genannt) 1 9 (Abb 129), welch zterer praktisch vollig verzeichnungsfrei ist (Die Objektive Dagor und Dog- ır werden nicht mehr hergestellt)

28 **Formate der Meßkammern** Fur terrestrische Aufnahmen ist ein recht- ‹ig begrenztes Querformat des Bildrahmens mit einem Seitenverhaltnis von ›a 2 3 allgemein eingefuhrt und als zweckmäßig erprobt Fur die Aufgaben r Luftbildmessung, in der heute fast ausschließlich ungefähre Senkrechtauf hmen Verwendung finden, ist das in England seit längerer Zeit angewandte, Deutschland schon vor 1914 eingeführte[2] quadratische Format vorzuziehen ı der von den zur Zeit zur Verfügung stehenden Objektiven fur photogram- trische Zwecke ausgezeichnete Bildfeldkreis im allgemeinen, wie oben erwahnt, ıen Durchmesser hat, der gleich der Objektivbrennweite f ist, so ergeben sich ı Seiten des rechteckigen Formates, das sich jenem Bildkreis moglichst rationell schmiegt, etwa folgende Beziehungen

$$\text{lange Seite } s_l = 0{,}9\ f$$
$$\text{kurze Seite } s_k = 0{,}6\ f$$

[1] F WEIDERT, a a O

[2] P SEILIGER, ZS d Ver deutsch Ing 72, 1928, S 1749

und für das quadratische Format

$$s = 0{,}85\ f$$

Es ist klar, daß für Luftaufnahmen die völlige Ausnützung eines Obje nur durch ein kreisförmig begrenztes Bildfeld mit dem Durchmesser f mö ist[1] Das Format des Aufnahmeträgers wird in diesem Falle naturlich ebe quadratisch sein mit einer Seitenlänge

$$s = f$$

Die Ecken dieses Quadrates können zur Abbildung von Orientierungs mitteln z B einer Dosenlibelle, oder zur Wiedergabe der Stellung eines werkes benutzt werden

Den derzeit gebräuchlichen Plattenformaten für wagrechte und se Aufnahmen von 9 12, 10 15 und 13 18 cm entsprechen nach den angeführten Beziehungen die Brennweiten 13,4, 16,6 und 20 cm, den For 12 12 und 18 18 cm fur senkrechte Luftaufnahmen die Brennweiten 1 21 cm, bzw bei völliger Ausnützung des kreisformigen Bildfeldes 12 und 1 Die Bildweiten der im Handel befindlichen Meßkammern (S 126 bis S stimmen gut mit diesen Werten überein

Größere Bildweiten als 21 cm und damit entsprechend auch größere formate sind vor allem aus Genauigkeitsgründen unzweckmäßig, schon der Schwierigkeit, das Aufnahmematerial genügend genau eben zu erl Dementsprechend sind auch die Auswertegerate für größere Bildforme 18 18 cm nicht eingerichtet Da nun — unter der Voraussetzung eines gl Bildfeldwinkels — die Aufnahmen von Kammern mit beliebigen Objektiv weiten aus gleichen relativen Flughöhen die gleiche Fläche überdecken, zu untersuchen, ob die derzeit viel verwendete Bildweite von 21 cm nicht wesentlich kleinere Bildweiten ersetzt werden kann und zwar zunäch Rucksicht darauf, daß dadurch der Umfang des Aufnahmegeräts, sein G und das Gewicht des Aufnahmematerials wesentlich verringert werden was flugtechnisch von ziemlicher Bedeutung ist

Zwei Aufnahmen aus gleicher Flughöhe mit den Bildweiten f und f' scheiden sich durch die Bildmaßstabe M_B bzw M'_B und es gilt

$$M_B = M'_B \cdot \frac{f'}{f}$$

Es ist also beispielsweise der Bildmaßstab einer Aufnahme mit dem Reihenbildner 12 12 cm, $f = 13{,}5$ cm (vgl S 153) um 35% kleiner Bildmaßstab einer Aufnahme mit dem Reihenbildner 18 18 cm, $f =$ (S 151) Diese Maßstabsverminderung ist aber zunachst hinsichtlich de inhaltes heute schon bedeutungslos mit Rucksicht auf die Feinkörnigl bereits im Handel befindlichen Filmmaterials, das eine entsprechend s Vergroßerung des Bildes bei der Ausarbeitung zulaßt Die mit der V rung der Bildweite theoretisch verbundene Genauigkeitsminderun durch verschiedene Umstände ausgeglichen, insbesondere durch die kleineren Bildformaten exaktere Planlegung des Aufnahmematerials u großere Konstanz desselben hinsichtlich der Verziehung des Emulsion (S 115) Für die Herstellung topographischer Aufnahmen in kleinen Maß z B 1 50000, sowie fur militarische und kolonialtopographische Zw die Verwendung der bisher ublichen großen Bildweiten aus wirtscha

[1] D R P Nr 457848

len besonders unzweckmäßig [1] Aus der zwischen der relativen Flughöhe H, ildweite f und dem Bildmaßstab M bestehenden Beziehung

$$1 \quad M = f \quad H$$

aus dem Umstand, daß die aus meteorologischen und flugtechnischen len selten zu überschreitende relative Flughöhe 3000 m beträgt, folgt nen Bildmaßstab von 1 50000

$$f = \frac{3000\,\mathrm{m}}{50000} = 6\,cm$$

Der auf S 153 erwähnte kleine Reihenbildner 6 6 cm, f = 6 cm entspricht vollkommen dem in Frage kommenden Zweck, zumal ja der Bildmaßstab ders im vorliegenden Fall ohne weiteres wesentlich kleiner (1 75000 bis 3000) als der geforderte Kartenmaßstab sein darf (vgl S 210ff) Die ebungen zur Einführung kleinerer Formate in die Photogrammetrie, um ch u a auch PRÉDHUMEAU, WILD und die PHOTOGRAMMETRIE G m b H inchen verdient gemacht haben, dürften in der Zukunft entsprechend der zu tenden weiteren Entwicklung der Emulsionstechnik besondere Bedeutung nen

9. Verschlüsse der Meßbildkammern. Bei Aufnahmen ruhender Objekte von Standpunkten aus kann jeder beliebige Verschluß Verwendung finden, gemeinen genügt hier zur Belichtung sogar ein einfacher, von Hand betätigter ctivdeckel Bei einer Relativbewegung zwischen Objekt und Meßkammer en dagegen selbstverständlich mechanische Verschlüsse benutzt werden olche kommen für Flugzeugmeßaufnahmen Schlitzverschlüsse nicht in , der Spalt des Schlitzes setzt den entsprechenden Streifen der Emulsion nur sehr kurze Zeit dem Lichte aus, wegen der verhältnismäßig langen ntdauer des Ablaufes entspricht aber dem zuerst belichteten Streifen ein er Standpunkt als dem zuletzt belichteten Streifen

Eine strenge Zentralprojektion des Objektes ist deshalb bei einer Relativgung von Kammer und Objekt nur durch einen nahe am Objektiv, am n in der Blendenebene desselben angebrachten sogenannten Zentralverß zu erzielen Von der Konstruktion eines solchen Verschlusses, insbesondere eihenbildkammern, ist in erster Linie eine hohe Stabilität und möglichst Geschwindigkeit, d h möglichst kurze Dauer des Ablaufes zu verlangen ch besonders bei Objektiven mit großem Durchmesser kaum eine kürzere ifzeit als $^1/_{150}$ Sekunde erzielen läßt, diese Zeit bei Flügen in Normalhöhen der erforderlichen Bildschärfe aber nicht überschritten werden darf, id Vorrichtungen zur Regelung der Ablaufgeschwindigkeit von geringer utung

Die an Meßkammern gebräuchlichen Verschlüsse gehören im allgemeinen Gruppe der Spannverschlüsse,[2] d h es sind solche Verschlüsse, bei vor Beginn der Belichtung eine Feder zu spannen ist Die Einleitung Unterbrechung der Belichtung wird gewöhnlich durch drei bis sechs Lan (Sektoren) bewirkt, die aus dünnem Stahlblech hergestellt und von Kreisstücken begrenzt sind (Vgl hiezu auch Bd II dieses Handbuches)

Das Konstruktionsprinzip eines solchen Verschlusses sei an Hand einer atischen Darstellung (Abb 130) eines Vierlamellenverschlusses der Firma LÄNDER & SOHN, A G in Braunschweig erläutert, aus der das Wesen auch

---

K SLAWIK, Allg Verm Nachr 40, 1928, S 553

K PRITSCHOW, ZS d Ver deutsch Ing 66, 1922, S 316

anderer Verschlüsse ersichtlich wird[1]. Die vier Sektoren, von denen gezeichnet sind, drehen sich um die vier fest im Gehäuse G angebrachten Z Sie werden in Bewegung gesetzt durch den Mitnehmerring R unter Ver der Stifte s. Die Drehung, und zwar eine links- und rechtssinnige des Ringes, wird durch einen hebel bewirkt, der aus einem im Gehäuse angebrachten Z drehbaren) Mittelteil H_m und gelenkten Seitenteilen H_1 un steht. Ersterer ist gelenkig Mitnehmerring R verbunden, H_2 mit seinem äußeren End um die Achse A drehbaren befestigt ist, durch deren Dre gegen dem Uhrzeigersinn d system den Ring R zunach und dann im Uhrzeigersinne daß die Lamellen die Öffnung bzw. verschließen. Die Dre Scheibe S wird durch eine anlaßt, die vor der Belichtung Drehung der Scheibe S im Uhr zu spannen ist. Dabei verh

Abb. 130. Schema eines Sektorenverschlusses von Voigtländer & Sohn, A.-G. in Braunschweig

(nicht gezeichnetes) Sperrad, daß beim Spannen der Feder der Verschlu wird. Nach dem Spannen legt sich der durch eine Blattfeder nach oben Sperrhebel Sp in eine Rast r an der Scheibe S. Durch Niederdrücker lösers a wird der Sperrhebel ausgeklinkt und die Scheibe S schnellt

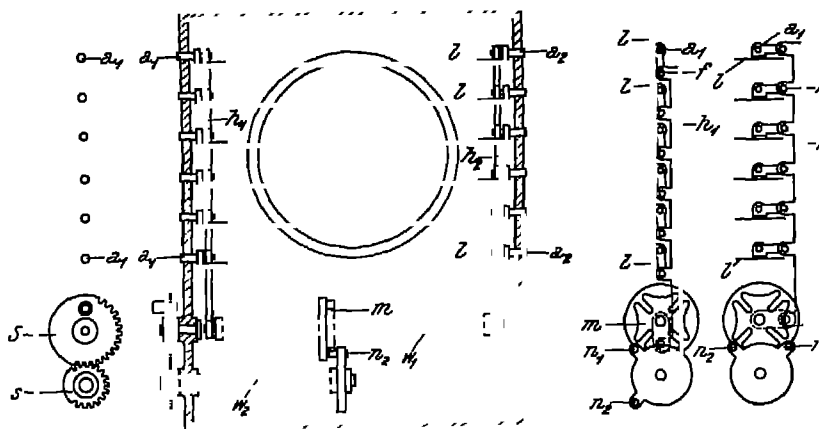



Abb. 131. Schema des Lamellenverschlusses nach E. Labrély

Einfluß der gespannten Feder zurück. Die im vorliegenden Falle, erwähnt, weniger wichtige Regulierung der Ablaufzeit wurde früher auf pneumatischem Wege, durch eine Art Luftpumpe, erzielt. Die Deckel in München hat zuerst an Stelle dieser wenig zuverlässigen l

[1] Vgl. K. Pritschow, a. a. O., und W. O. Hammer, Illustr. Guide and of photogr. Inter lens Shutters, ohne Ort, 1917.

t ihrem Compur-Verschluß ein Zahnräderhemmwerk eingeführt, bei dem nach Bedarf einzelne Teile ausgeschaltet werden können

Eine wesentlich abweichende Konstruktion zeigt der ebenfalls an Reihendnern verwendete Lamellenverschluß von E LABRÈLY in Paris Die Lamellen l bb 131) haben hier die Form von schmalen Rechtecken, die um ihre längere ttellinie eine rechts- bzw linkssinnige Drehung um je 180° ausführen konnen der Verschlußstellung überdecken sie sich dachziegelartig und liegen parallel den Hauptebenen des Objektivs Nach einer Drehung um 90° gewahren sie m Lichte vollen Zutritt, nach einer weiteren Drehung um 90° ist der Lichtritt wieder unterbrochen Die nächste Belichtung erfolgt durch eine entechende Rückwärtsdrehung der Lamellen Jede der Lamellen ist auf einer hse a_1 bzw a_2 befestigt Sämtliche Achsen werden gemeinsam und gleichzeitig Drehung versetzt durch links und rechts angeordnete Hebelpaare h_1 bzw h_2, rch deren hin- und hergehende Bewegung unter Vermittlung der exzentrisch den Achsen a angebrachten Fuhrungsstifte f die Lamellen aus der einen Verlußstellung in die andere überfuhrt werden Die Verschiebung der Hebel h d durch eine entsprechende Drehung der Welle w_1 bewirkt, auf der eine ieibe m mit rechtwinklig sich kreuzenden Fuhrungsnuten (Malteserkreuz) estigt ist Die Drehung der Welle w_1 erfolgt nun durch eine Drehung der lle w_2 derart, daß zwei auf letzterer befestigte Nocken n_1 und n_2 nacheinander die Fuhrungsnuten der Scheibe m eingreifen und damit diese bzw die Welle w_1 n je 90°) vorwarts treiben Die Nocke n_2 greift in die Scheibe m erst ein, nachn die Nocke n_1 die Scheibe bereits vor einem kurzen Zeitintervall verlassen , Dementsprechend verharren die Lamellen während einer kurzen Zeitinne in der Öffnungsstellung in Ruhe Der Antrieb der Welle w_2 erfolgt durch von einer gespannten Feder in Drehung versetzte Scheibe S, deren teilweise t Zahnen versehener Rand in eine entsprechende Zahnung eines auf w_2 betigten Sektors s eingreift Das Spannen der Feder erfolgt durch eine Drehung Scheibe S, wobei eine (nicht gezeichnete) Sperrung dafür sorgt, daß wahrend i Spannens der Verschluß nicht betätigt wird Der geschilderte Verschluß d unmittelbar vor dem Objektiv angebracht Doch hat LABRÈLY auch e auf dem gleichen Prinzip beruhende Konstruktion angegeben, die sich als itralverschluß verwenden laßt[1]

Außer Stabilitat und kurzer Dauer der Ablaufzeit, d h der Zeit zwischen ginn des Öffnens und volligem Verschluß, ist zur besten Ausnutzung der htstärke des Objektivs zu fordern, daß das Verhaltnis der während des Verlußablaufes in die Kammer tatsächlich gelangten Lichtmenge zur theoretisch ximalen Lichtmenge möglichst groß ist Man nennt dieses (in Prozenten ausIruckte) Verhaltnis den „Wirkungsgrad" des Verschlusses Es ist einleuchtend, } der Wirkungsgrad um so großer ist, je weniger Zeit zur Erzielung der Öffigs- bzw Verschlußstellung der Lamellen verbraucht wird

Der Wirkungsgrad der Mehrzahl der gebrauchlichen Verschlusse ist kaum ßer als 40% Er laßt sich steigern entweder durch geeignete Form der Lallen (Abb 130 zeigt ein in dieser Beziehung günstiges Öffnungsbild on bei Öffnung des Verschlusses werden nicht nur die Mitte, sondern auch die ndteile des Objektivs dem Lichteintritt freigegeben) oder durch die Art des triebs, wie bei der Konstruktion von LABRÈLY, durch welche die Lamellen der Öffnungsstellung eine kurze Zeit festgehalten werden Für die experintelle Feststellung der Ablaufzeit und des Wirkungsgrades sind verschiedene parate angegeben worden[2]

[1] Sc ct Ind phot 6, 1926, S 484

[2] Vgl z B O LACMANN, Bildmess u Luftbildwes 3, 1928, S 101

Das Spannen des Verschlusses und seine Auslösung erfolgt zweckmäß durch einen Hebel, der entweder von Hand oder bei Reihenbildern mechanisc zu betätigen ist Eine derartige Einrichtung (Meßkammern nach HUGERSHOF

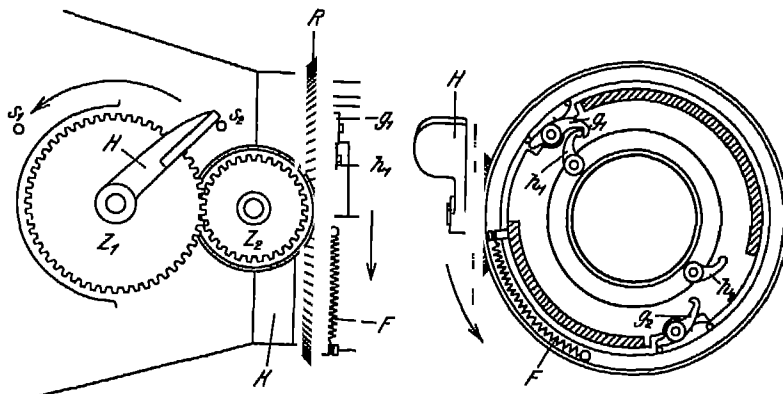



Abb 132 Schema der Spann- und Auslöseeinrichtung an den Meßkammern nach R. HUGERSHO

zeigt schematisch Abb 132 und zwar in der Ruhestellung, in der ein federnd Greifer g_1 hinter dem Spannhebel h_1 liegt Durch Linksdrehen des Aufzughebe H wird unter Vermittlung der Zahnräder Z_1 und Z_2 das in der Objektivschut kappe K liegende Kegelrad R, von vorn gesehen, ebenfalls linksläufig g dreht Dabei wird einmal die Feder F g spannt und gleichzeitig der Spannhebel durch den am Kegelrad R befestigten Greif g_1 gedreht (Verschlußspannung) und zwar b in eine Endstellung, in der h_1 bis zur Auslösur verharrt Inzwischen hat sich der fedenc Greifer g_2 hinter den Auslösehebel h_2 geleg und die Weiterdrehung des Aufzugshebels ist durch den Anschlagstift s_1 gehemmt worde Beim Nachlassen[1] des Druckes auf den Au zugshebel H bewegt sich das Kegelrad R unt dem Einfluß der jetzt gespannten Feder F z ruck Dabei dreht der Greifer g_2 den Hebel bis zur Verschlußauslosung In der entspreche den Stellung gleitet g_2 von h_2 ab, so daß gleichzeitig mit dem Spannhebel h_1 in die Au gungsstellung zuruckschnappen kann Die v der Feder F angetriebene Ruckwartsbewegu des Kegelrades R findet ihr Ende durch A schlag des Hebels H gegen den Stift s_2, wor die in der Zeichnung wiedergegebene Ruh stellung von neuem erreicht ist

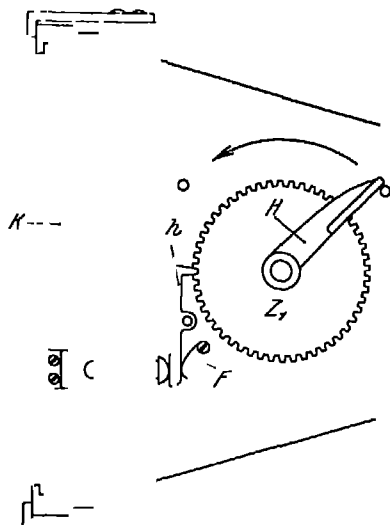



Abb 133 Spannungssicherung an Meßkammern

Von den verschiedenen zur Sicherung gegen Fehlbelichtungen (besonde bei den unter oft schwierigen Umstanden durchzufuhrenden Aufnahmen i Flugzeug) sehr wichtigen mechanischen Einrichtungen sei hier nur die zuer an den HUGERSHOFFschen Meßkammern angebrachte Einrichtung angefuh

[1] Diese Anordnung verhindert das „Durchreißen" des Verschlusses, sie wichtig zur Erzielung unverwackelter Aufnahmen

eine Belichtung bei nicht am Bildrahmen angepreßter Platte verhindert
i abgehobener Platte bzw Kassette K (Abb 133) druckt eine Feder F den
bel h in die Zahnung des am Aufzughebel H (vgl Abb 132) angebrachten
triebrades Z_1 Der Aufzughebel H wird demnach erst freigegeben, wenn durch
drücken der Kassette (vgl Abb 133) der Hebel h niedergedrückt und damit
s der Zahnung herausgehoben ist

30 Die Emulsionsträger Als Träger der lichtempfindlichen Schichtemulsion
nmen zur Zeit praktisch nur Glasplatten und Filmbänder in Frage[1] Von den
otogrammetrischen Zwecken dienenden Glasplatten wurde früher ganz all-
nein völlige Planheit der der Emulsion zugekehrten Fläche gefordert Eine
iere Untersuchung des Falles, daß eine bei der Aufnahme kugelschalenförmig
rummte Platte im Komparator ausgemessen wird, zeigt, daß die auftretenden
iler ähnlichen Charakter haben wie die Verzeichnungsfehler eines Objektivs
l recht betrachtliche Werte annehmen können Ihr Maximum erreichen sie
einer mittleren, ringförmigen Plattenzone, wo sie bei dem großten gebräuch-
ien Plattenformat von 18 × 18 cm, einer Bildweite von 200 mm und einer
rchbiegung von 1 mm mehr als 2′ betragen

Diese Fehler werden allerdings vollig eliminiert bei Anwendung des KOPPE-
en Ausmeßprinzips, freilich unter der Voraussetzung, daß die Original-
ative ausgemessen werden und diese in der Kassette keine zusätzliche Durch-
gung erfuhren Bei Abweichungen von diesem Idealfall, z B Ausmessung
i Kontaktdiapositiven, bei deren Herstellung das Negativ gegen eine mehr
r weniger ebene Diapositivplatte gepreßt wurde, werden selbstverstandlich
ih hier Fehler auftreten, die aber jedenfalls mit abnehmendem Plattenformat
l S 110) kleiner und zudem teilweise durch andere Fehlereinflüsse kompen-
t werden[2] Das bestatigt die Praxis durchaus, wonach auch mit gewöhnlichen
isplatten vollig befriedigende Resultate zu erreichen sind In diesem Umstand
en besondere wirtschaftliche Vorteile, die Herstellung wirklich exakt ebener
isplatten verlangt eine ziemliche Dicke des Materials, das dadurch schwer
l deshalb — abgesehen vom Preis solcher „Spiegelglasplatten" — jedenfalls
Hochgebirgs- und Flugzeugaufnahmen unvorteilhaft ist In der Praxis ver-
idet man deshalb heute mit wenigen Ausnahmen[3] gewohnliche Glasplatten

Der Film kam bis vor kurzem als Emulsionsträger fur die meisten photo-
mmetrischen Aufgaben nicht in Frage Es gibt zwar Möglichkeiten, ihn
irend der Aufnahme und Auswertung exakt plan zu legen (vgl S 125),
photochemische Behandlung und das Trocknungsverfahren ergab aber
irumpfungen des Emulsionstragers[4] von so unregelmäßigem Charakter, daß
e Verwendung des Films zu Meßzwecken ausgeschlossen war Bezuglich
Regelmaßigkeit der Schrumpfung bestehen verschiedene Anforderungen,

[1] Es sind auch metallische Emulsionsträger vorgeschlagen worden, vgl z B
L ZEISS, D R P Nr 378958

[2] Bei den neueren Meßkammern von HUGERSHOFF (S 125 und S 144) werden
rdies die Platten sowohl bei der Aufnahme als auch bei der Ausmessung gegen eine
ler Kammer bzw im Bildträger angebrachte Planparallelplatte gepreßt, so daß
eine genügende Planheit mechanisch erzielt wird

[3] K SCHNEIDER, Bildmess u Luftbildwes 4, 1929, S 1

[4] Die an sich sehr geringe Verziehung der lichtempfindlichen Schicht gegen den
ulsionsträger zeigt nach neueren Untersuchungen bei sorgfältiger Behandlung
onders während der Trocknung) im wesentlichen regelmäßigen Charakter, ist
bedeutungslos, die unregelmäßige Verziehung aber kann im allgemeinen ver-
hlässigt werden Vgl hierzu auch H LUDENDORFF, Astr Nachr 162, 1903 Ge-
se, der Schichtverziehung zugeschriebene systematische Messungsfehler (K Do
SKY, Int Arch f Photogramm 6, 1923, S 105) dürften Verzeichnungsfehler sein

je nach dem zur Verfügung stehenden Auswertegerat Eine allseit gleichmäßige Schrumpfung (entsprechend einer ahnlichen Verkleinerung d Originalperspektive) ist selbstverständlich bei Entzerrungsgeräten und auch b denjenigen Auswertegeraten zulassig, die eine Anpassung an verschiedene Bil weiten des Aufnahmegerätes gestatten (z B Stereoautograph, Stereoplai graph, Autokartograph und Aerokartograph), da ja eine Verkleinerung d Bildmaßstabes einer Verkleinerung der Aufnahmebildweite entspricht Ab auch eine perspektiv deformierende Schrumpfung, entsprechend eine ebenen Schnitt des a bildenden Strahlenbü dels, könnte, abgeseh vom Entzerrungsger wenigstens im Autokart graphen und Aerokart graphen eliminiert w den und zwar dadurc daß der Film so geg die optische Achse d Bildträgerobjektivs g neigt wird, daß die Bil marken unter den Ö nungswinkeln der Ka mer (S 158) erscheine

Abb 134. Schrumpfung des Aerochromfilms der Agfa (50fache Vergrößerung)

Es ist neuerdin einigen Firmen gelunge Filme zu schaffen, b denen die unrege mäßige Schrumpfu (als Abweichung v einer allseitig gleichmal gen Schrumpfung) so g ring ist, daß sie im a gemeinen vernachlassi werden kann

Abb 135 Schrumpfung des Aero-Vermessungsfilms der Zeiss-Ikon A-G (50fache Vergrößerung)

Die entsprechen Untersuchung eines Filr kann in der Weise g schehen, daß man ein a eine Glasplatte aufgetragenes Gitter rechtwinklig sich kreuzender gleic abstandiger Geraden (Gautier-Gitter) auf ein Filmstuck kopiert und Origin und Kopie im Stereokomparator vergleicht Aus den entsprechenden Messu gen ergibt sich das geschrumpfte Netz, das man durch ein sich ihm mö lichst anschmiegendes Quadratnetz ersetzt Die Abweichung entsprechend Strecken des Schmiegungsnetzes gegen das Originalnetz ergibt die regelmäßi (mittlere) Schrumpfung, wahrend die Abstande der Ecken des geschrumpft Netzes von den entsprechenden Ecken des Schmiegungsnetzes die unrege mäßigen Schrumpfungen darstellen

Das Ergebnis einer solchen Messung ist in Abb 134 (Aerochrom Vermessung film der Agfa-A G) und in Abb 135 (Aero-Vermessungsfilm der Firma Goe bzw Zeiss-Ikon A G) wiedergegeben, worin Original und Filmkopie (m 50facher Vergrößerung der Abweichungen) ubereinander gelegt sind, so daß d totalen Deformationen unmittelbar sichtbar werden

An Hand der den Abb 134 und 135 zugrunde liegenden Beobachtungen ;aben sich die folgenden Werte

Tabelle 1 Schrumpfungen in Filmen

Fabrikat	Regelmäßige Schrumpfung in %	Mittl unregelmäß Schrumpfung in mm
AGFA	0,21	± 0,020
ZEISS-IKON	0,18	± 0,020

Einige weitere Untersuchungsergebnisse veroffentlichte O LACMANN [1]

31 Emulsion und Filter Bei photogrammetrischen Aufnahmen handelt es ı in der Mehrzahl der Falle um Aufnahmen weit entfernter Objekte Die rksamkeit des von einem solchen Objekt ausgehenden und fur den Bild-bau allein brauchbaren Lichtes (Geländestrahlen) nimmt mit dem Quadrat Entfernung ab Infolgedessen nimmt auch der Unterschied der Helligkeit ıachbarter Objektteile, der diese Teile im allgemeinen doch allein auf der fnahme unterscheiden läßt, nach dem gleichen Gesetz ab Die Differenz schen hellstem Licht und dunkelstem Schatten, der „(Helligkeits-)Umfang" Objekts, ist bei Fernaufnahmen gegenuber Nahaufnahmen stark verringert erscheinen beispielsweise in einer aus mittlerer Flughohe senkrecht von oben ehenen Landschaft die Lichter kaum funfmal so hell als die Schatten [2] Diese n bloßen Auge auffallenden geringen Kontraste werden bei der Aufnahme h weiter wesentlich vermindert durch die chemische Wirkung der für den laufbau unbrauchbaren Strahlen, die durch Reflexion an den feinen und ben Beimengungen der Luft in die Kammer gelangen und dort durch all-ıeine Helligkeitsvermehrung[3] den „Luftlichtschleier" oder „Dunstschleier" ugen

Das der Kammer zugefuhrte storende „Luft"-Licht hat — wenigstens an fur photogrammetrische Aufnahmen allein geeigneten Tagen mit sonnigem tter und klarer Luft — eine mehr oder weniger ausgesprochen blaue Farbe,[4] ı Folge der spektral selektiven Wirkung der Beugung des Sonnenlichtes an Luftmolekülen [5] Das Luftlicht wird sich also auf gewöhnlichen Bromsilber-atineplatten, die gerade für Blau hochgradig empfindlich sind, besonders ılvernichtend bemerkbar machen Die Verwendung von Gelbfiltern zur ;lichsten Absorption des blauen Lichtes und von gelbgrün empfindlichen hochromatischen)[6] Platten wird darum zur Notwendigkeit Die gebrauch-en Gelbfilter lassen bei großerer Dichte kein Licht von der Wellenlänge des u (500 $\mu\mu$) und von geringerer Wellenlange (das ebenfalls im Luftlicht ent-

---

[1] Bildmess u Luftbildwes 3, 1928, S 101

[2] Vgl hierzu auch E GOLDBERG, Der Aufbau d phot Bildes, Halle a S , 1925 H E IVES, Airplane photography, Philadelphia u London 1920

[3] Die Absorption in der zwischen Objektiv und Objekt liegenden Luftschicht ırkt eine allgemeine Intensitätsverminderung der Geländestrahlen, ist aber im eutlichen ohne Einfluß auf die Kontraste Man vgl auch Aerial Haze and its ct on Photography from the Air, Mon of the Theory of Phot from the Rev of the EASTMAN Kodak Co Nr 4, New York u Rochester, N Y , 1923

[4] A MIETHE, Vorträge, geh bei der 2 Hauptvers d Int Ges f Photogramm , ın 1927 Ferner F LEIBER, Bildmess u Luftbildwes 4, 1929, S 137

[5] F LEIBER, Phot Ind 26, 1928, Heft 41

[6] Gegen die Zweckmäßigkeit der Verwendung panchromatischer Emulsionen gt A MIETHE a a O gewichtige Gründe vor

halten ist) zur Wirkung kommen, während sie die Strahlen mit Wellenl
> 500 $\mu\mu$ ungehindert oder nur wenig gedämpft passieren lassen, das sind
gerade die (bildaufbauenden) Geländestrahlen. Gelbfilter und farbenem
liche Emulsionen verlieren ihre günstige Wirkung an trüben Tagen mit W
tröpfchen in der Atmosphäre und bei von Rauch und Staub in den unteren
schichten erzeugtem Dunst. Diese atmosphärischen Beimengungen reflek
hier das Sonnenlicht unmittelbar, so daß das Luftlicht auch langwe
Strahlen in hohem Prozentsatz aufweist.

Als Filter kommen für photogrammetrische Zwecke nur die in der
gefärbten (Cadmiumsulfid-)Glasfilter in Betracht, deren beide Flächen
plan und parallel (innerhalb 40″) sein müssen. Bei den sonst in der photog
schen Praxis gebräuchlichen Gelatinefiltern ist die notwendige Planparal
des Trägers der gefärbten Folie im allgemeinen nicht vorhanden. Die Ve
dung eines Filters erfordert eine seiner Dichte entsprechende (im allgem
zwei- bis sechsfache) Verlängerung der Belichtungszeit. Die Wahl eines d
Filters zur Erzielung einer geringeren Belichtungszeit ist, worauf F. L
ausführlich hinweist,[1] unzweckmäßig, da hierbei die nach dem kurzwelligen
des Spektrums hin unverhältnismäßig an Intensität zunehmenden Strahl
Luftlichtes besonders stark zur Wirkung kommen. Eine Herabsetzun
Belichtungszeit, für die übrigens nur bei der Luftbildmessung, nicht ab
der terrestrischen Photogrammetrie ein Bedürfnis besteht, läßt sich nur
Hebung der Allgemeinempfindlichkeit der Emulsion erzielen.

Photogrammetrisch verwendbare Emulsionen sollen also ausgesp
gelbgrün empfindlich sein und eine hohe Allgemeinempfindlichkeit bes
die letztere dann, wenn es sich um Luftbildaufnahmen handelt. Bei
wird aus aufnahmetechnischen Gründen noch zu fordern sein, daß de
lichtungsspielraum möglichst groß ist. Über den Belichtungsspielraum
die „Gradationskurve" der Emulsion Auskunft, die den funktionalen Zusar
hang zwischen der eingestrahlten der Belichtungsdauer entsprechenden
menge (Abszissenachse) und der durch die Entwicklung erreichbaren Schwä
(Ordinatenachse) darstellt. Diese Kurve, die natürlich für jede Emulsi
im Einzelnen verschieden ist, hat als allgemeines Kennzeichen einen zu
allmählichen Anstieg (Unterbelichtungsgebiet),[2] dann einen mehr oder w
geraden und sich steiler erhebenden Abschnitt (Normalbelichtungsgebie
das sich schließlich ein flacheres Kurvenstück (Überbelichtungsgebiet) ansc
Aus diesem Funktionsbild ergibt sich zunächst, daß im Gebiet der Unter
tung ebenso wie in dem der Überbelichtung einer kleinen Lichtinten
(Helligkeits-)Differenz eine sehr kleine Schwärzungsdifferenz entspricht
nach dem oben Gesagten geringe Helligkeitsunterschiede gerade für Fe
nahmen charakteristisch sind, so dürfen für solche nur Belichtungszeiten g
werden, die innerhalb des „Normalbelichtungsgebietes" liegen. Der Belich
spielraum ist bei steil graduierten („harten") Emulsionen offenbar gering
bei flach graduierten („weichen") Emulsionen, der Unterschied spielt bei
rechtaufnahmen wegen ihres geringen „Objektumfanges" (s. oben) keine
Hier sind bei normaler Gradation z. B. zwei gleich gute Aufnahmen m
deren Belichtungszeiten sich wie 1 : 10 verhalten. Anders liegen die Verha
bei flach geneigten Luftbildaufnahmen. Hier ist wegen der starken, vom
licht herrührenden Zunahme der Helligkeit nach dem Hintergrund zu mit
Objektumfang von mindestens 1 : 30 zu rechnen.[3] Infolgedessen ist der

[1] F. LEIBER, Phot. Ind. 26, 1928, S. 1034.
[2] Vgl. z. B. A. MIETHE a. a. O., Berlin 1927.
[3] E. GOLDBERG, a. a. O.

ıgsspielraum wesentlich kleiner[1] und außerdem noch abnehmend mit steiler rdender Gradation Der somit bei harter Emulsion (soweit es sich um flach ıeigte Fernaufnahmen mit auszuwertendem Vordergrund handelt) vorhandenen fahr dei Fehlbelichtung steht freilich ein Vorteil der steilen Gradation gegen-ər bei ihr entspricht einer bestimmten Helligkeitsdifferenz (Abszissendiffe-ɪz) eine großere Schwärzungsdifferenz (Ordinatendifferenz) als bei weicher ıulsion (Bezuglich der charakteristischen Kurve einer Emulsion vgl Bd IV ses Handbuches, Beitrag Sensitometrie von F FORMSTECHER)

Zur Forderung der Orthochromasie und hohen Allgemeinempfindlichkeit für Luftaufnahmen nicht unter 17 SCHEINER-Grade — bei im allgemeinen ıtlerer (bei terrestrischen Aufnahmen auch steiler) Gradation tritt noch die derung einer möglichst geringen Größe des Korns,[2] dessen Durchmesser Aufnahmeemulsionen heute zwischen 1 μ und 2 μ und in Diapositivemulsionen den untersuchten deutschen Fabrikaten im Durchschnitt unter 0,8 μ liegt ɔb 136) Außerdem ist bei Verwendung von Glasplatten als Emulsions-ger das Vorhandensein einer Schutzschicht ,en Lichthofbildung erwunscht[3]

Abb 136 Mikrophotogramm des Kornes der PERUTZ-Flieger-Platte (270 mal)

Die oben schon erwahnten Vermessungsfilme AGFA und der ZEISS-IKON A-G genügen ɪh hinsichtlich ihrer Emulsionen den notwendigen spruchen Als Aufnahmeplatten haben sich fur restrische Zwecke die „Topo-Platte" (gelb-blau-pfindlich, mit steiler Gradation bei mittlerer gemeinempfindlichkeit), fur Luftbildmeßauf-ımen die „Flieger-Platte" (vorwiegend gelb-n empfindlich, mittlere Gradation bei hoher gemeinempfindlichkeit), beide von der Firma ro PERUTZ in Munchen, besonders bewahrt

Über die fur die verschiedenen Emulsionen ɔckmaßigen Entwickler und Entwicklungsmetho-ı[4] geben die herstellenden Firmen die erforder-ıen Anweisungen Meist benutzt man als Entwicklersubstanz das Rodinal wegen ıer bequemen Handhabung Auch das dem Hydrochinon verwandte Brenz-echin hat sich bewährt, da bei ihm Schleierbildung nur in geringem Maße tritt Mit Rücksicht auf den durch die nicht vollig ausschaltbare Wirkung des Ìlichtes hervorgerufenen Oberflachenschleier empfiehlt A MIETHE[5] kraftige twicklung mit konzentriertem Entwickler Fur die Anwendung im Groß-rieb ist jedenfalls die Stand- oder Tankentwicklung mit einer auf mittlere twicklungsdauer abgestimmten Entwicklerkonzentration vorteilhaft

Die Filmbander der Reihenbildaufnahmen werden entweder vor der Ent-

[1] Bei einem Objektumfang, der gleich der Helligkeitsdifferenz des Normal-chtungsgebietes wäre, gäbe es nur eine einzige Belichtungszeit

[2] Mit sinkender Korngröße steigt die Anzahl der abbildbaren Einzelheiten des ekts und es wächst die Schärfe der Feldgrenze zwischen verschieden hellen Flächen-ıils Über Versuche zur Erzielung eines feinen Kornes durch das Entwicklungs-fahren berichten A u L LUMIÈRE und A SEYEWETZ, Sc et Ind Phot 7, 1927, ι 8, 1928

[3] Versuche zur Benutzung der Farbenphotographie für Meßzwecke sind noch ıt abgeschlossen, über ihr Ergebnis wird an anderer Stelle berichtet werden Man hierzu auch A MIETHE, Die Photographie a d Luft, Halle 1916

[4] Siehe z B E VOGEL, Taschenb d Photographie, Berlin 1909

[5] Die Photographie a d Luft, Halle 1916 Vgl auch A JAFFÉ, Phot Korr 56, 9, S 165, 189

wicklung zerschnitten[1] oder im Ganzen, ebenfalls im Tankverfahren, entwicke fixiert, gewässert und getrocknet Das Filmband wird zu diesem Zwecke so eine Rolle gewickelt, daß zwischen d aufeinander folgenden Lagen die en sprechenden Flussigkeiten bzw Luft zirkulieren können Die Zirkulati wird dadurch ermöglicht, daß das Fil band gemeinsam mit einem Zellulo streifen aufgewickelt wird, der halbkug förmige Randaufweitungen (Abb 1 besitzt Die zu diesem als „Correx-Ei wicklung" bezeichneten Verfahren hörige Wickeleinrichtung zeigt Abb 13

Abb 137 Film- und Correx-Band in gemeinsamer Wicklung

32. Plattenwechselkassetten Die der terrestrischen Photogrammet gebrauchten einfachen Kassetten u Doppelkassetten (meist von der hande üblichen Bauart[3]) sind Luftbildaufnahmen, insl sondere vom Flugzeug a ungeeignet, die hier im all meinen rasche Folge der E zelaufnahmen erfordert Benutzung von Kassett mit größerem Plattenvor (meist 6 bis 12 Platten), so konstruiert sein muss daß durch wenige Handgri die belichtete Platte geg eine unbelichtete [aus tauscht werden kann Abb 139 ist schematisch Konstruktion einer solch

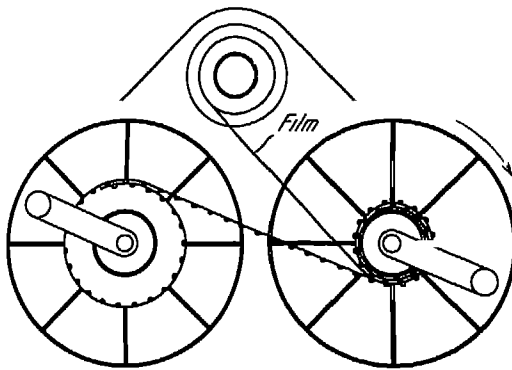



Abb 138 Schema der Correx-Wickelvorrichtung

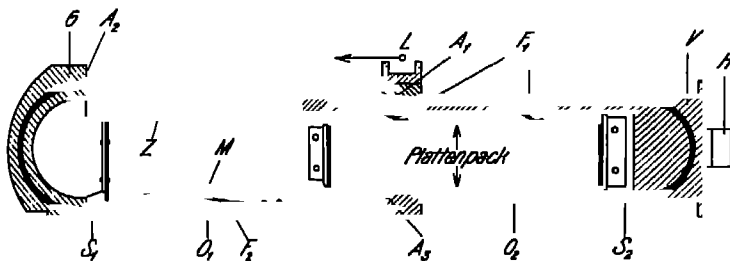



Abb 139 Konstruktionsschema einer Plattenwechselkassette

Wechselkassette dargestellt Sie besteht aus dem Gehause *G* und dem Vorratskast

[1] Die Bildgrenzen werden durch den Antriebsmechanismus fühlbar markie

[2] Gute Resultate gibt auch das von der amerikanischen Kodak-Gesellschaft her stellte Entwicklungsgerät, es sei aber darauf hingewiesen, daß häufig die individuelle handlung der einzelnen Filmabschnitte der maschinellen Entwicklung vorzuziehen i

[3] Eine besondere Konstruktion wurde von der Firma C P Goerz-Berlin vo schlagen, vgl D R P Nr 272826

ler sich mittels des Handgriffes H bis zum festen Anschlag A_1 aus dem Gehäuse ıen laßt Bei der Befestigung des Gehäuses G am Kassettenrahmen der Kammer b 123) ist die Öffnung O_1 dem Objektiv zugekehrt Der lichtdichte Abschluß Öffnung geschieht durch seitliche Verschiebung der Leiste L, die den bieg-en Schieber S_1 betätigt, bis zum Anschlag A_2 Bei eingeschobenem Vorrats-ten legt sich die (in der Abb 139) unterste Platte, und damit der ganze ttenstapel, der unter dem Druck der Federn F_1 steht, elastisch gegen den rahmen in der Kammer Nach der Belichtung wird der Vorratskasten dem Gehause gezogen Dabei verschließt sich die Öffnung O_2 des Kastens sttatig durch den am Gehause befestigten biegsamen Schieber S_2 und die chtete Platte, zuruckgehalten durch den Anschlag A_3, wird durch mehrere seitlichen Rande des Gehäuses angebrachte Federn von der Art der Feder F_2 zur Zwischenwand Z emporgedrückt Beim Wiedereinfuhren des Kastens V tet die belichtete Platte selbsttätig hinter die oberste Platte des Stapels, ırend die jetzt unterste Platte fertig zur Belichtung ist Zur Verhutung von nsporthemmungen und von Beschadigungen der Emulsion wird jede Platte ıne dunne Metallhülse M eingeschoben

Es sind mehrfach — teilweise sehr interessante — Vorschläge für den mecha-hen Antrieb derartiger Plattenwechselkassetten gemacht worden[1] Diese setten haben sich aber, teils wegen ihres großen Gewichts, teils wegen haufiger riebsstorungen, wenigstens in Deutschland nicht einführen können, die ıge in Deutschland angewandte Konstruktion war der von NEUBURGER egebene und von C P GOERZ gebaute Plattenreihenbildner (vgl Int Arch Photogramm 6, 1919/23, S 270) Im Ausland ist die Konstruktion von rRI besonders bekannt geworden Inzwischen haben derartige Konstruktionen r wesentlich an Bedeutung verloren, da es (s S 116) gelungen ist, Filme zu ugen, die für Meßzwecke brauchbar sind

33 **Filmwechselkassetten.** Während bei Plattenwechselkassetten die Kon-ktionsschwierigkeiten mit wachsender Anzahl der Vorratsplatten wesentlich ehmen, lassen sich Filmwechselkassetten leicht fur Filmbander von 50 bis n Lange einrichten, entsprechend etwa 350 Einzelaufnahmen bei einem Format 12 12 cm Dabei bleibt die Kassette klein, hat auch in gefulltem Zustand verhältnismaßig geringes Gewicht und kann ebenso leicht fur Hand- als fur orantrieb (Reihenbildner) gebaut werden

Die verschiedenen im Handel befindlichen Kassetten unterscheiden sich ch die Art des Transports und der Planlegung des Films

Der F i l m t r a n s p o r t von der Vorratsspule V zur Aufwickelspule A (vgl } Abb 140) soll zwangläufig und so erfolgen, daß eine bestimmte immer ch bleibende Drehung einer Antriebskurbel K das Filmband F stets um gleiche, dem Plattenformat entsprechende Stuck weiter zieht Wegen dieser teren Forderung darf der Antrieb nicht unmittelbar auf die Achse der Auf-relspule wirken, da ja deren Durchmesser und damit auch der einer gleich-benden Achsdrehung entsprechende Transportweg immer mehr zunimmt, ei denn, daß man der Aufwickelspule von vornherein einen so großen Durch-ser gibt, daß die relative Durchmesseranderung klein bleibt Die dadurch ingte Vergroßerung der Kassette macht diesen Weg aber besonders fur Reihen-ner ungangbar Ein immer gleich großer Transportweg kann auch durch wendung der an Kinematographen gebrauchlichen entsprechenden Ein-

[1] W SIGEL, D R P Nr 330697, W LUDOVICI, Plattenwechselkassette, D R P 322823, D R P Nr 378106, D R P Nr 380220 u a m Vgl auch A H LIER, La photographie aérienne pendant la guerre, Paris 1921

richtungen[1] erzielt werden Die hier zu einem einwandfreien Funktioniere notwendige beiderseitige Perforation des Filmbandes und andere wegen der ir allgemeinen großen Streifenbreite viel Raum beanspruchende Sondereinrichtunge lassen diese Methode als unzweckmäßig erscheinen Als Ersatz für die Perforatio hat man in Deutschland versucht, den immer gleich großen Vortransport durc Antriebsscheiben zu er zielen, deren scharfge zahnte (geriffelte) Rän der das Filmband bei derseitig angreifen Di se Transportart (Frik tionsantrieb) kann nicht als zwangläufi bezeichnet werden un dürfte durch Schlüp fen des Filmes haufi zu Fehlbelichtunge (teilweise Aufnahm auf dem schon belich teten Filmabschnitt Anlaß geben Die wich tigsten der zur Zei eingeführten vollkom men zwanglaufig arbeitenden Transportvorrichtungen sollen nachstehend be schrieben werden

Abb 140 Filmtransport nach G Müller der Aerotopograph G m b H in Dresden

Bei einer von der Aerotopograph G m b H in Dresden verwendeten An ordnung (Abb 140) wird die Aufwickelspule A durch Drehung der Kurbel I unter Zwischenschaltung der Zahnräder 1, 2, 3 und 4 in Bewegung gesetzt Die Zahnrader 1 und 4 sitzen fest auf den zugehörigen Wellen Das Zahnrad dagegen laßt sich gegen die Well W verdrehen, es steht mit diese Welle nur zeitweilig in Verbin dung und zwar durch Vermitt lung des fest auf W angebrachte Sperrades S und der Klinke k Die Verbindung wird dadurc gelöst, daß bei einer gewisse Stellung des Zahnrades 3 di Klinke k durch den Anschlag H aus der Verzahnung des Sperrade S herausgehoben und im gleiche Augenblick von dem federnde Greifer g erfaßt wird Die Kurbe K lauft jetzt leer, denn trotz der Weiterdrehung des Zahnrades 3 ist da Zahnrad 2 und damit auch die Aufwickelspule A in Ruhe Nach einer be stimmten weiteren Bewegung des Zahnrades 3 stößt der Greifer g gege den Anschlag H_2 und gibt die Klinke k wieder frei, die sich jetzt vo neuem in das Sperrad S einlegt, so daß die Spule A ihre Tatigkeit wiede aufnimmt Der Abstand der Leerlaufanschlage H_1 und H_2 und damit de Leerlauf selbst ist veranderlich, er muß offensichtlich um so große

Abb 141 Filmtransport nach M L Lenouvel

[1] H Lehmann, Die Kinematographie, Leipzig 1911

den, je größer der Durchmesser der Aufwickelspule infolge des zugewickelten
nbandes geworden ist Die Regulierung des Anschlagabstandes geschieht
ch die auf dem Film aufsitzende Gleitrolle R, die an einem um die Achse Q
ibaren gezahnten Sektor T befestigt ist, der den Anschlag H_1 entsprechend
hieht [1]

Abb 141 zeigt die Transportvorrichtung von M L LENOUVEL (Firma
LUS, Paris) Das Filmband lauft hier von der Vorratsspule V zur Aufwickel-
le A uber die vier festgelagerten Wellen a_1, a_2, a_3, a_4 und außerdem uber die
i an den Enden einer verschiebbaren Zahnstange Z angebrachten Wellen
ind b_2 Die nicht gezeichnete Antriebskurbel (K) sitzt auf der Welle des
nrades 1 Bei einer Linksdrehung der Kurbel wird die Zahnstange Z nach
its verschoben Dadurch wird ein Stuck des Filmbandes, das doppelt so lang
ils die Verschiebung der Zahnstange, freigegeben und sogleich von der durch
Zahnrader 2 und 3 in Drehung
setzten Spule A aufgewickelt
wischen ist ein gleich langes
ck des Filmbandes selbsttatig
der Spule V abgewickelt wor-
Wahrend des gesamten Vor-
ges ist bemerkenswerterweise
zwischen den Rollen a_2 und a_3
ende der Belichtung darzu-
ende Filmabschnitt bewe-
gslos geblieben (I Phase)
h erfolgter Belichtung wird
ch eine Rechtsdrehung der
bel K bzw des Zahnrades 1
Zahnstange nach links ge-
oben Dadurch wird der bei
eigegebene unbelichtete Film-
chnitt von der Rolle b_2 in die
ositionsstellung gezogen (II
se) Wahrend dieser Phase
3 selbstverständlich die Auf-
kelspule trotz der Drehung der Zahnräder 2 und 3 in Ruhe bleiben Das
i dadurch ermoglicht, daß das Zahnrad 3 und das mit ihm fest verbun-
e Sperrad 4 im allgemeinen auf der Achse der Spule A frei drehbar ange-
net sind Die Verbindung dieser Rader mit der Spulenachse erfolgt in-
ikt durch die auf letzterer fest angebrachte Scheibe S, auf der die federnde
ike k sitzt Diese Klinke laßt eine Übertragung der Drehung von 3 bzw
uf die Spule nur zu, wenn diese Drehung wie bei der I Phase linkslaufig ist

Abb 142 Filmtransport nach R HUGERSHOFF der AEROTOPOGRAPH G m b H in Dresden

Eine von R HUGERSHOFF angegebene Transporteinrichtung (AEROTOPO-
PH G m b H, Dresden) zeigt Abb 142 in schematischer Draufsicht Hier
i der mit zunehmendem Durchmesser der Aufwickelspule A notwendig
ner werdende Drehungswinkel dadurch erzielt, daß der Antrieb von A unter
schenschaltung einer (bei gewissen Typen von Rechenmaschinen angewandten)
ffelwalze S geschieht Die Staffelwalze sitzt gemeinsam mit dem Stirnrad 1
auf der Welle der Kurbel K Je nach der Stellung des auf der Nutenwelle W
schiebbaren Stirnrades 2 wird eine volle Umdrehung der Kurbel K eine mehr

[1] Die hier verwendete Regulierung hat den besonderen Vorteil, daß sie auch bei
schieden dicken Filmen ohneweiters den richtigen Weitertransport ergibt

oder weniger große Drehung der Stirnrader 3 und 4 und damit auch der Spı
erzeugen Die von der Umdrehungszahl der Kurbel abhängige Stellung
Stirnrades 2 wird durch die vom Stirnrad 1 unter Vermittlung des Stirnra
angetriebene Schraubenspindel *Sp* bewirkt[1] Nach Ablauf des Filmbe
befindet sich das Stirnrad 2 in der Stellung a, vor Einlegung eines neuen
streifens ist das Rad durch Ausklinken der Transportmutter mittels des Heb
in die Anfangsstellung bei e zuruckzubringen

Zur **Planlegung** des Filmes sind im wesentlichen drei verschiedene
fahren im Gebrauch Abb 143 zeigt eine pneumatische, nur für Handwec
kassetten bestimmte Einrichtung der Firma Carl Zeiss[2] Der von der Voı
spule *V* zur Aufwickelspule *A* mittels des oben angedeuteten Friktionsantr
geführte Film *F* wird an der (auch in der Ansicht von unten dargestellten) l
scheibe *P* vorbeigezogen, die im Kassettengehäuse fest angebracht ist

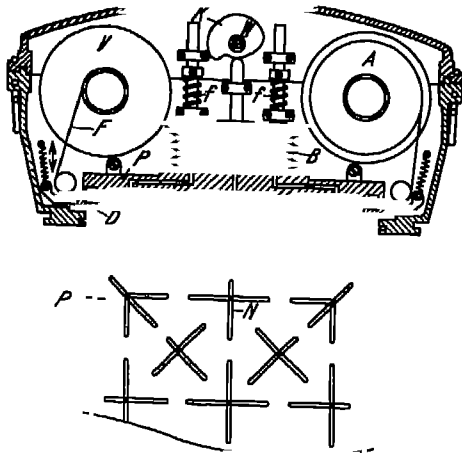



Abb 143 Planlegung des Films durch Ansaugen (Firma C Zeiss, Jena)

Planscheibe tragt auf ihrer un
Fläche eine Anzahl von Nuten N
durch Kanäle mit einem vom Bı
B gebildeten Raum in Verbin
stehen Vor der Belichtung ı
eine auf der Welle *W* sitzende,
dem allgemeinen Antriebsmech
mus zwanglaufig verbundene
venscheibe *K* die im Balgenı
enthaltene Luft durch die Kı
nach außen Da bei der Weiterdre
der Kurvenscheibe der Deckel
Balgenraumes unter dem Einflu
Federn *f* in die Hohe schnellt,
steht zwischen der Luft im Ba
raum und der Außenluft ein Dı
unterschied, dem zufolge der
von der Außenluft gegen die l
scheibe gepreßt wird[3] Zur Erzı
einer völligen Abdichtung des S
raumes wird der Film kurz voı
Ausdehnung des Balgenraumes durch eine das Bildfeld freilassende Dı
platte *D* gegen die Rander der Planplatte *P* gedruckt Der Mechanı
zur Betatigung dieser Druckplatte ist in Abb 143 der Übersichtlichkeit w
weggelassen Bei Gebrauch ist sorgfaltig darauf zu achten, daß die
richtung zur Verschlußauslösung langsam betätigt wird, da andernfalls die
saugevorrichtung nicht genug Zeit hat, um den Film noch vor der Belich
an die Planplatte anzusaugen[4] Die durch die Saugnuten verursachten Une
heiten des Filmes können sich in manchen Fallen genauigkeitsmindernd
merkbar machen

Eine weitere, ebenfalls pneumatische Planlegungsvorrichtung, die bei
Zeissschen Reihenbildnern Verwendung findet, ist in Abb 144 dargestellt
erfolgt die Anpressung des Filmes gegen die Planplatte *P* unmittelbar und

[1] Für verschieden dicke Filme sind Schraubenspindeln von verschiedener C
höhe zu verwenden

[2] D R P Nr 351853

[3] Eine Ansaugvorrichtung für Filme wurde auch der Eastman Kodak
patentiert (Amer Pat Nr 1536335)

[4] Vgl den bezüglichen Prospekt der Firma Carl Zeiss, Jena

ch einen im Innern des Kammerkörpers K erzeugten Staudruck Voraussetzung fur die Wirksamkeit desselben ist natürlich eine genugende Abdichtung Führungsnuten N der Kasse im Kammerkörper und ein sprechender Abschluß des nmerinnern durch die Plante P, die zu dem Zwecke z vor dem Einsetzen des Staucks den Film F gegen den lfeldrahmen B der Kassette ßt Nach der Belichtung muß Planplatte zurückgenommen den, damit der Weitertrans- des Filmbandes möglich l Fur die mit dem Filmsport und der Verschlußbegung natürlich zwanglaufig kuppelnde Bewegung der platte wird eine ähnliche richtung benutzt, wie sie in 145 dargestellt ist Die ckluft wird dem Kammerrn durch ein Rohr R zuget, das nach jeder Belichtung ch einen Schieber S verschlossen l Selbstverstandlich ist auch er Schieber in zwangläufige Verlung mit dem hier schematisch ch die Kurbel T dargestellten rieb zu bringen, etwa in der se, daß auf der Antriebswelle W Hebel H angebracht wird, der jeder Umdrehung der Welle W Schieber S einmal offnet Der udruck selbst wird gemaß dem entanspruch[1] durch die Bewe g des Flugzeuges erzielt Die Bezung der Kammer auf festen oder weilig ruhenden Standpunkten ftschiff) setzt also die Verweng eines geeigneten Kompressors aus

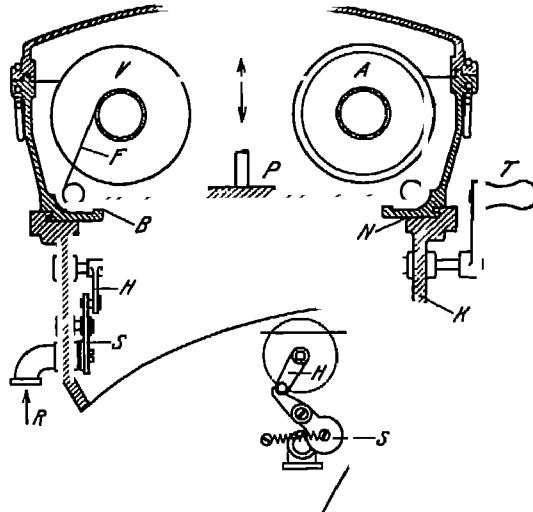



Abb 144 Planlegung des Films durch Staudruck (Firma C Zeiss, Jena)

Abb 145 Planlegung des Films durch mechanische Anpressung an eine Glasplatte (Aerotopograph G m b H in Dresden)

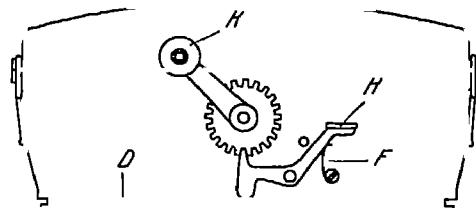



Abb 146 Transportsicherung nach G Müller (Aerotopograph G m b H in Dresden)

Die wohl einfachste Methode Planlegung des zu belichten- Filmabschnittes besteht darin, man (entsprechend dem der rotopograph G m b H in sden patentierten Verfahren) Film wahrend der Belichtung gegen eine in der Kammer selbst festangebrachte planparallele Glasscheibe G (vgl Abb 145) druckt Die Druckplatte

[1] D R P Nr 430260

D wird dabei von einer mit der Transport- (Abb 140 oder 142) und Versch einrichtung (Abb 132) zwangläufig gekuppelten Kurvenscheibe S betät In der gezeichneten Stellung dieser Scheibe hebt die Feder F die Dr scheibe D von der Glasplatte G ab und ermöglicht so den Weitertransport Filmes

Die Einrichtung ist infolge ihrer Einfachheit unter allen Umständen betr sicher und gewährleistet ein stets exaktes Planliegen des Filmes Daneben stattet die fest am Kammerkörper angebrachte Glasplatte als Lagerflache fur Film die Anbringung reeller Bildmarken unmittelbar in der Bildebene der Kam und in fester Verbindung mit dieser, wodurch allein eine unmittelbare exakte Bestimmung der Kammerkonstanten (vgl S 157ff) möglich wird

Die pneumatisch plangelegten Filme lassen sich in den ublichen Bild gern der Universal-Auswertegeräte nicht unmittelbar ausmessen, da hier die sprechende pneumatische Einrichtung zur Planlegung fehlt Es mussen Diapositive der Aufnahmen auf Glasplatten hergestellt werden Die s vorhandenen Möglichkeiten[1] zur unmittelbaren Verwertung so erhaltener F negative haben wohl nur theoretischen Wert, sie enthalten auf alle Falle Fel quellen Bei der mechanischen Planlegung der Filme ist deren unmittel und exakte Ausmessung ohne weiteres möglich, da hier die Bildträger notwe mit einer Glasplatte auszurusten sind, die der Glasplatte der Kammer entspr

Ebenso wie bei den Kammerverschlüssen (s S 114) sind auch an den Antr organen der Kassetten Sicherungseinrichtungen zur Verhinderung Fehlbelichtungen praktisch von großem Wert Eine derartige Einrich nach G MÜLLER[2] (Kassetten der AEROTOPOGRAPH G m b H in Dresc zeigt die Abb 146, sie verhindert eine Betätigung des Filmtransportes damit des Verschlußmechanismus) durch die Aufzugskurbel K bei nicht gezogenem Kassettendeckel D Erst nach der Entfernung desselben gibt unter dem Druck der Feder F stehende Hebelklinke H das an der Welle Antriebskurbel sitzende Sperrad frei

Über Antriebsmotoren für Wechselkassetten s Reihenbildner (S 15]

B. Meßkammern für feste Aufstellung

34. Kammern mit nicht neigbarer Bildebene Von den zahlreichen] struktionen von Kammern mit fester Bildebene, die nach einem Vorschlag R THIELE[3] zweckmäßig als „Photogrammeter" bezeichnet werden, ko hier neben einigen besonders originellen Konstruktionen, nur diejenigen gehender erwahnt werden, die gegenwartig in der Praxis Verwendung fin Bei Aufnahmen auf Forschungsreisen und im Hochgebirge haben sich wegen geringen Gewichtes die im Folgenden zuerst genannten drei Photogramn als besonders geeignet erwiesen

a) Photogrammeter nach R HUGERSHOFF[4] Das von G HEYI Dresden gebaute Instrument (Abb 147) stellt eine feste Verbindung von]

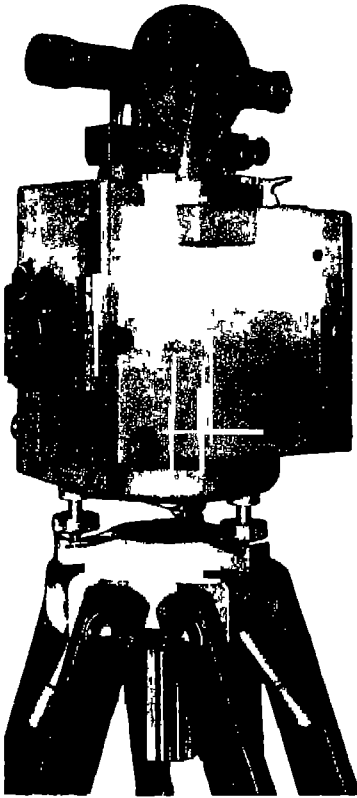
[1] Ausmessung durch eine zur Aufhebung der Verzeichnungsfehler linsen geschliffene Glasplatte hindurch oder durch eine planparallele Glasplatte in bindung mit einem entsprechend korrigierten Objektiv Bei Verwendung einer] parallelplatte allein, die bei größeren Bildformaten nicht unter 4 mm Dicke haben erreichen die Verzeichnungsfehler den Wert von 35", der unter Umständen v die Parallaxe eingeht

[2] D R P Nr 484873

[3] R THIELE, Phototopographie nach ihrem gegenwärtigen Stand Moskau 19((in russischer Sprache)

[4] R HUGERSHOFF, Int Arch f Photogramm 4, 1914, S 210

ner und Tachymetertheodolit dar Das Plattenformat ist 9 12 cm, als ahmeobjektiv wird ein mit Compurverschluß ausgerustetes Tessar von cm Brennweite mit einem Öffnungsverhältnis von 1 6,3 verwendet Die Einzelplatten bestimmten Metallkassetten werden durch einfaches Anlegen dem Kassettenrahmen (Abb 123) verbunden, nach dem Aufziehen des ettendeckels wird die Platte durch einen Druck auf den Kassettenrand nd gegen den Bildrahmen gepreßt und in dieser Stellung selbsttatig festlten Nach erfolgter Belichtung wird durch Druck auf zwei seitlich angebrachte Knöpfe die Platte wieder zurückgebracht, so daß der Deckel wieder eingeschoben werden kann

Das Objektiv laßt sich mittels Triebes um je 20 mm nach oben und unten verschieben, die Verschiebung kann an einer Millimeterteilung mit Nonius auf 0,02 mm abgelesen werden Die vertikalen Bild-

147 Photogrammeter nach R Hugers- (Aerotopographie G m b H in Dresden)

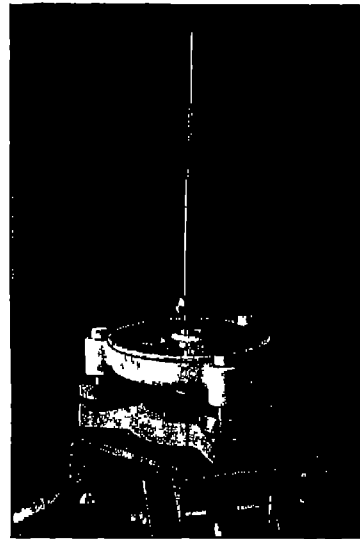



Abb 148 Zielmarke zum Photogrammeter nach R Hugershoff

en (Lochmarken) liegen in der Ebene des Bildrahmens und sind justier- Die ebenfalls justierbaren horizontalen Bildmarken stehen in fester Verung mit dem verschiebbaren Objektiv so daß sich die jeweilige Lage des iorizonts auch automatisch auf das Meßbild ubertragt Zwei am Kammerer angebrachte Rohrenlibellen ermoglichen die Horizontierung der Kammer- bzw der Verbindungslinie der Horizontmarken Die Stehachse der mer sitzt in der Buchse des gedrungenen Dreifußunterbaues und besitzt ime und Feinbewegung Die Befestigung des Dreifußes auf dem Kopf des usammenschiebbaren Beinen versehenen Stativs geschieht durch eine kurze ung einer federnden Platte

Die Berichtigung des Instruments wird eingehend dargestellt von H Loschner, I 48, 1928, S 573

Der auf der oberen Flache des Kammerkörpers angebrachte Tachyn theodolit hat ein mit Distanzfaden versehenes Fernrohr von 15facher größerung, das Fernrohr kann nach dem Ausheben aus den Kippachsenl durchgeschlagen und umgelegt werden Horizontal- und Vertikalkreis mittels Nonien direkt Minuten Zwischen den Lagerböcken des Ferni sitzt eine abnehmbare Rohrenbussole, mit deren Hilfe die Ablesunge Horizontalkreises gegen den magnetischen Meridian orientiert werden kö

Zur Herstellung genau paralleler Aufnahmen von zwei Standpunkte (Normalstereogramme oder um 30⁰ verschwenkte Stereogramme) werden auf den Basisendpunkten aufzustellende Stative gleichzeitig benutzt Wä z B das Photogrammeter auf dem linken Endpunkt steht, wird eine beso mit dem gleichen Dreifuß ausgestattete marke (Abb 148) auf dem Stativ des re Basisendpunktes aufgestellt und mittel um 90⁰ (bzw 60⁰ oder 120⁰) gegen die tung der Kammerachse verschwenkten rohres eingestellt Nach der Aufnahme w bei unveränderter Stellung der Stative nahmekammer und Zielmarke vertauscht bei die Stehachsen beider Instrumente selseitig genau in die gleiche Lage kon Hierauf erhalt die Fernrohrziellinie Verschwenkung von 270⁰ (bzw 240⁰ oder gegen die Kammerachse, in dieser St wird die jetzt auf dem linken Basisend stehende Zielmarke durch Drehung der Ka um ihre Stehachse erneut eingestellt die zweite Aufnahme gemacht

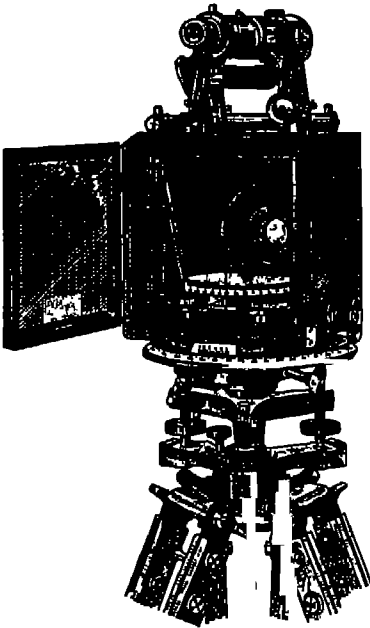



Abb 149 Photogrammeter nach Bridges-Lee

Zur Erzielung der notwendigen Ge keit der Parallelität der Aufnahmericht (etwa $\pm$ 10″) werden bei der linken nahme die angegebenen Einstellungen am Horizontalkreis, sondern dadurch nommen, daß die Alhidade des Theo gegen feste, den angegebenen Richtunge sprechende Anschläge gelegt wird Auf rechten Standpunkt werden dieselben schläge benutzt, um hierbei den linken Standpunkt anzielen zu konnen das Fernrohr durchgeschlagen und in seinen Lagern umgelegt Das le ist notwendig, um den Einfluß eines etwaigen Zielachsenfehlers unschadli machen, der jetzt nur eine im allgemeinen bedeutungslose Parallelverschwer der Aufnahmerichtungen erzeugt Das Durchschlagen des Fernrohres wurde den Zielachsenfehler in doppelter Große als Konvergenz oder Dive der Aufnahmerichtungen wirksam werden lassen

Das Photogrammeter selbst wiegt 4,0 kg, sein Gewicht einschließlich T portkoffer und sechs gefullten Kassetten betragt 7,8 kg

b) Photogrammeter nach Bridges-Lee Das in den Workst von C F Cassella in London hergestellte Instrument (Abb 149) ist ebe eine feste Kombination einer Kammer mit einem Tachymetertheodolit dem Unterschied jedoch, daß hier die Zielebene des Fernrohres stets die optische Achse der Kammer geht, so daß zur Messung horizontaler Richtu das Fernrohr mitsamt der Kammer zu verschwenken ist Demgemaß erf

Richtungsablesungen an einem am Dreifußunterbau fest angebrachten kreis Die geschilderte Anordnung laßt Aufnahmen mit genau parallelen ıtungen nicht zu

Das Plattenformat der Kammer ist etwa 9 12 cm, das Objektiv hat eine ınweite von 13 cm und ein Öffnungsverhaltnis von 1 8 Als Verschluß wird der ɔktivdeckel benutzt Die Teilkreise geben Minuten direkt Eine bemerkens-te Sondereinrichtung dieses Photogrammeters ist eine im Innern des Kammer-ıuses auf dessen unterer Fläche angebrachte Bussole, deren Magnetnadel n zylindrischen, durchsichtigen Teilkreis trägt, der dicht vor der Bildebene vingt Infolgedessen wird die Teilung mitsamt dem Objekt auf dem Meß- abgebildet, so daß sich (mit der Bildvertikalen als Index) das magnetische nut jeder Aufnahme auf dieser unmittelbar bis auf 0,1° ablesen läßt

Das Gewicht des Instruments mitsamt Transport-en und Stativ betragt 12,0 kg

c) Photogrammeter nach S FINSTERWAL-R[1] Das jetzt von C ZEISS in Jena hergestellte ıfalls mit vertikal verschiebbarem Objektiv ver-ıne Instrument (Abb 150) hat in seiner älteren führungsform bei einer großen Anzahl von Hoch-rgsaufnahmen, insbesondere bei Gletscheraufnah-, mit Erfolg Verwendung gefunden Fur die Auf-men werden Platten vom Format 13 18 cm be-rt, die nicht, wie heute allgemein üblich, in Kassetten, lern einzeln in Sacken untergebracht sind Vor der chtung wird ein gefüllter Sack am oberen Rand ein leerer am unteren Rand der hinteren Kammer-d befestigt Die zu belichtende Platte gleitet durch n Schlitz im oberen Rand vor den Bildrahmen wird gegen diesen gepreßt, die belichtete Platte durch einen weiteren Schlitz im unteren Rand in leeren Sack Das Instrument gehört zu dem gleichen wie das von BRIDGES-LEE Der Horizontalkreis t in fester Verbindung mit dem Dreifußuntergestell, Kammerachse ist in der Zielebene des Fernrohres ıalten Als solches dient hier (nach einer von L P ANINI[2] und A SCHELL[3] angegebenen Konstruktion)

Abb 150 Photogrammeter nach S FINSTERWALDER der Fa C ZEISS, Jena

Kammerobjektiv selbst, in Verbindung mit einer (zunachst in der Mitte des settenrahmens angebrachten) Lupe, deren Bildebene mit der der Kammer mmenfallt Die Einstellung hoch oder tief gelegener Punkte geschieht ɔh Verschiebung des Kammerobjektivs, die entsprechenden Vertikalwinkel ɔn sich aus der abzulesenden Verschiebung und der Bildweite der Kammer ohnen Zur Vergroßerung des Meßbereiches dieses Ersatzfernrohres benutzt t FINSTERWALDER die obere Stellung des Objektivs als Ausgangspunkt fur Messung der Tiefenwinkel und die untere als Ausgangspunkt fur die Hohen-kelmessung Dementsprechend verwendet er auch zwei Okulare, wobei als marken die fadenkreuzartig ausgebildeten Vertikalmarken der Bildebene

[1] S FINSTERWALDER, Die Photogrammetrie d Hochgebirges für wissenschaftl ke Vortrage, gehalten bei der 2 Hauptversamml d Int Ges f Photogramm, ın 1027

[2] E DOLLŽAL, Die Anwendung d Photographie in der Meßkunst, Halle a S,), und M WEISS, Die geschichtl Entwickl d Photogrammetrie Stuttgart 1913

[3] FR SCHIFFNER, Die photogr Meßkunst, Halle 1892

dienen Die optischen Achsen der Okularlupen mussen stets nach der M
Objektivs gerichtet sein, die Okulare sind deshalb um horizontale Achse
bar und werden durch Hebel gesteuert, die sie mit dem Kammerobjek
binden Das letztere ist ein Orthoprotar von 16 cm Brennweite und ein
nungsverhältnis von 1 7,7 Als Verschluß dient der Objektivdeckel Auc
Gerät besitzt keine Einrichtung zur Ausfuhrung genau parallel ger
Stereoaufnahmen

Das Gewicht der gesamten Ausrustung betragt einschließlich sechs
10,1 kg

d) Photogrammeter nach E Doležal[1] Bei Aufnahmegerä
größere Plattenformate als 9 12 cm wird eine feste Verbindung der K
mit einem vollständigen Theodolit im allgemeinen zu unhandlichen und e
lichen Konstruktionen fuhren Deshalb
Doležal schon 1896 vorgeschlagen, das Auf
gerät so zu bauen, daß die Kammer im I
falle vom Unterbau abgenommen und du
Theodolitfernrohr mit Hohenkreis ersetzt
kann Die Verwirklichung dieses Gedanken
Abb 151 Der für das Plattenformat 13
gebaute Kammerkörper ist mit einem (
(Orthoprotar 1 7, Brennweite 19 cm) v
das um ± 50 mm vertikal verschoben werde
Die Verschiebung kann mittels Nonius a
0,01 mm abgelesen werden, sie wird ab
automatisch durch die gemeinsam mit d
jektiv verschiebbaren Horizontmarken
Meßbild ubertragen Der Kammerkörper i
drei Spreizen, die mit einer einfachen Kle
richtung auf der Alhidade eines Horizont
(mit Repetitionseinrichtung) befestigt
können, den ein normaler Dreifußunterba
Auf dem Kammerkörper befindet sich auf
Kastenbussole ein um etwa ± 10° kippbare
tierungsfernrohr, das in seinen Lagern u
werden kann Die Zielebene dieses Fernroh

Abb 151 Photogrammeter nach E. Doležal der Fa R & A. Rost in Wien

halt die Kammerachse, sie kann aber im Gegensatz zu den K
tionen von Bridges-Lee und Finsterwalder unter Benutzung eine
Anschlages auch winkelrecht zur Kammerachse gestellt werden Di
schwenkbarkeit des Fernrohres in Verbindung mit der Moglichk
selbe umzulegen, gestattet, wie erwahnt, die Herstellung exakter
stereogramme, zu deren Durchfuhrung ein zweites Stativ und ei
sprechende Zielmarke benutzt wird Fur Panoramaaufnahmen, bei de
eine bequeme Ausarbeitung die Einhaltung von bekannten und gleich
Richtungsdifferenzen zwischen den Einzelaufnahmen praktisch erwun
wurde unterhalb des Horizontalkreises eine besondere „Panorama
angebracht, die in Abstanden von genau 45° zylindrische Bohrungen
mit denen ein an der Alhidade befestigter Stahlbolzen nach Bedarf in
gebracht werden kann

Zur Ausfuhrung trigonometrischer oder tachymetrischer Messung
der Spreizenuntersatz der Kammer von der Horizontalkreis Alhidad

[1] E Doležal, Int Arch f Photogramm 6, 1919/23, S 219

l an Stelle der Kammer ein Theodolitoberbau (durchschlagbares Fernrohr Höhenkreis, Alhidadenlibelle und zwei Nonien) mit Hilfe eines genau identhen Spreizenuntersatzes gebracht

e) Photogrammeter von C Zeiss-Jena [1] Bei diesem Gerät ist mit Rückit auf sein großes Gewicht (die Kammer allein wiegt ohne Stativ bereits 11,1 kg) er allen modernen Aufnahmekammern die Trennung vom Theodolit am strengi durchgeführt Das für das Plattenformat 13 18 cm eingerichtete Photogrammer (Abb 152) besitzt also auch keinen Horizontalkreis, der in vielen Fällen recht vorteilhaft ist Die für den Anschluß der Standpunkte an übergeordnete Punkte notwendigen Messungen sind mit einem besonderen Theodolit auszuführen, der entweder auf einem eigenen Stativ benutzt wird oder nach dem Herausheben aus seinem Dreifußunterbau in den des Photogrammeters eingesetzt werden kann.

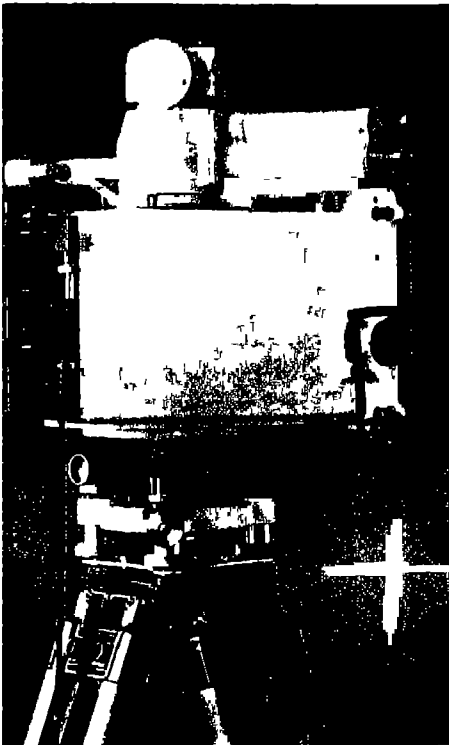



Abb 152 Photogrammeter Modell C 3/b der Fa C Zeiss, Jena

Die Vergrößerung des Aufnahmebereiches wird hier nicht durch eine Verschiebung des Objektivs, sondern durch Verwendung von drei ver-

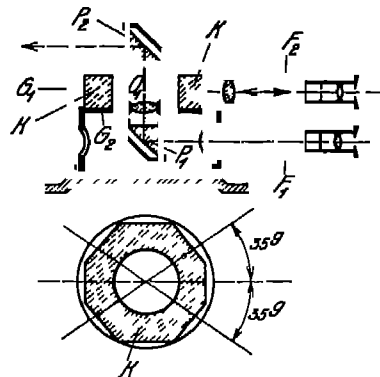



Abb 153 Orientierungsaufsatz zum Zeissschen Photogrammeter

l übereinander fest angeordneten Objektiven (Orthoprotare, Brennweite 19 cm, lungsverhältnis 1 25) erzielt Als Verschluß dienen Klappdeckel, die durch in Drahtauslöser betätigt werden Jedem Objektiv sind feste Horizontken zugeordnet, durch eine sinnreiche Einrichtung ist dafür gesorgt, daß dem Meßbild sofort erkennbar ist, mit welchem der drei Objektive die Aufme gemacht wurde Durch von außen einstellbare Nummern bzw Buchstabenben kann auf jeder Aufnahme deren Nummer, Standpunkt (links oder rechts) Art (normal, links oder rechts verschwenkt) angegeben werden

Zur Herstellung genau achsparalleler Aufnahmen wird bei diesem Photonmeter an Stelle der oben beschriebenen mechanischen Einrichtungen optisches Verfahren benutzt Das zur Einstellung der benachbarten Station iende Zielfernrohr F_1 (Abb 153) — mit dem Prisma P_1 vor dem Objektiv O_1 dem Prisma P_2 hinter demselben — ist an dem zylindrischen Gehäuse G_1

[1] F Schneider Bildmess u Luftbildwes 2, 1927, S 95

befestigt Das letztere und damit auch das Fernrohr F_1 kann um das auf de Kammer fest angebrachte Gehause G_2 verschwenkt und unter beliebigen Winkel gegen die Kammerachse eingestellt werden Zur Einstellung der fur Norma stereogramme und verschwenkte Aufnahmepaare vorgeschriebenen Winkel au dem ersten Standpunkt und insbesondere zur Einstellung der entsprechende genau um 180° verschiedenen Winkel auf dem Nachbarstandpunkt ist mit dei Fernrohr F_1 ein zweites Fernrohr F_2 achsparallel und starr verbunden Weite ist auf dem inneren festen Gehause G_2 ein prismatischer Körper K angebrach der mit acht vertikalen spiegelnden Flachen versehen ist (vgl Grundriß i Abb 153), wobei die sich gegenuberliegenden Flächen parallel sind Die Spiege normalen zweier dieser Flachenpaare stehen winkelrecht zu einander, sie sin zugleich parallel bzw winkelrecht zur Kammerachse Die Normalen der beidc anderen Paare bilden mit der Normalen eines der ersten Paare je einen Wink von 35ᵍ (entsprechend 31,5°) Beleuchtet man nun in geeigneter Weise die Zie marke im Fernrohr F_2, so werden die von ihr ausgehenden Lichtstrahlen de Objektiv als Parallelenbundel verlassen und, von der vor dem Objektiv liegei den Spiegelflache reflektiert, wieder in das Fernrohr F_2 zuruckkehren Hi sieht man jetzt neben der Zielmarke ein Spiegelbild derselben Werden durc entsprechende Drehung des Gehauses G_1 Zielmarke und Spiegelbild zur Deckur gebracht, so hat die Zielachse von F_2 und damit auch die des Fernrohres I die Richtung der Spiegelnormalen Durch Wiederholung dieser „Autokoll mation" an den verschiedenen angegebenen Spiegelflachen kann also dem Zie fernrohr F_1 die jeweils vorgeschriebene Stellung zur Kammerachse mit groß Genauigkeit gegeben werden Die bei Stereoaufnahmen auf der Nachbarstatic aufzustellende Zielmarke laßt sich wie die Kammer aus ihrem Dreifußunterba herausheben, letzterer ist identisch mit dem der Kammer, so daß beim Au tausch von Kammer und Zielmarke die Dreifuße auf ihren Stativen verbleibe

Die Messung der Horizontalprojektion der Basis kann selbstverständlic direkt mittels Stahlbandes oder auf optischem Wege mit vertikaler oder hoi zontaler Distanzlatte geschehen Zur Anwendung des letzteren Verfahrens werde dem Zeissschen Instrument zwei zerlegbare Latten von 1 m bzw 3 m Lang beigegeben, die ebenfalls auf dem Universaldreifuß befestigt werden konne Die Messung des Winkels zwischen den Endpunkten der Latte[1] erfolgt mitte einer am Theodolit (nicht an der Kammer) angebrachten, in der praktisch Geodasie allgemein bekannten Tangentenschraube,[2] die Berechnung der Basis geschieht nach der Formel

$$B = \frac{20000\ l}{n}$$

worin l die Lange der Basislatte und n die Anzahl der Trommelintervalle d Tangentenschraube ist, um die letztere bei der Verschwenkung des Zielfernrohr vom linken zum rechten Basisendpunkt gedreht wurde Vgl auch S 139

Die gesamte Ausrustung, in drei zweckmaßig angeordneten Tragkist verpackt, wiegt, einschließlich 48 Platten in Holz-Einfachkassetten, 65,8 kg

f) Stationare Photogrammeter von Carl Zeiss in Jena[3] Fur d wiederholte Aufnahme veranderlicher Vorgange oder bewegter Objekte (z Wellen- und Wolkenaufnahmen, Festlegung der Bahnelemente von Geschoss oder Flugzeugen, vgl S 8) von einer starren Basis aus, deren Orientierung i Raum entweder nicht interessiert oder ein fur allemal festgelegt wird, bedurf die paarweise zu verwendenden Aufnahmegerate selbstverstandlich nur ein

[1] M Bohler, Mitt a d deutsch Schutzgeb 18, 1905, S 1
[2] Vgl z B P Werkmeister, ZS f Verm 51, 1922, S 321, 353
[3] C Pulfrich, ZS f I 28, 1908, S 72

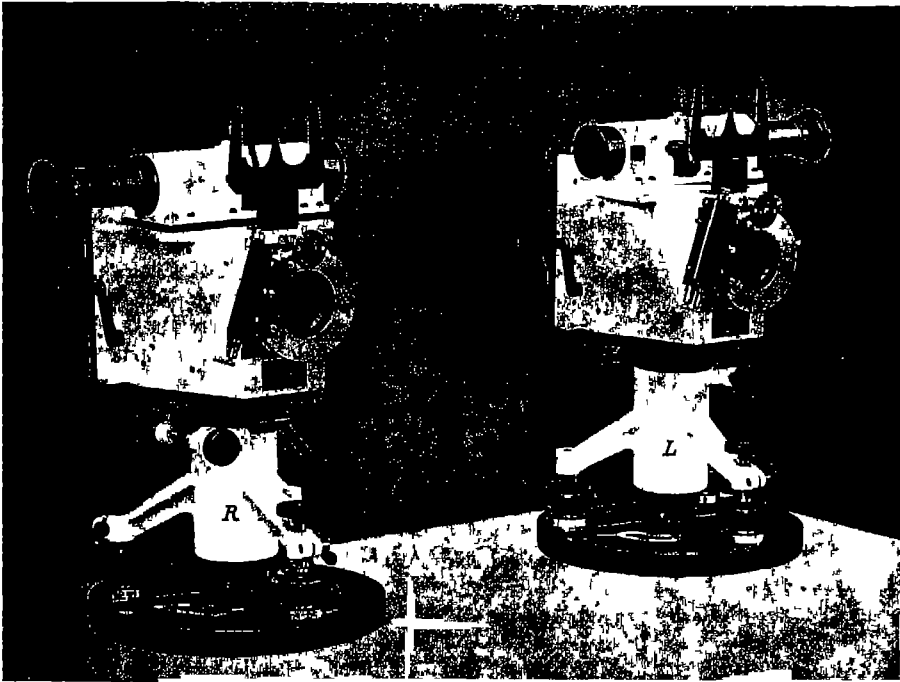



Abb 154 Stationäre Photogrammeter von C Zeiss in Jena

nrichtung zur gegenseitigen Orientierung n derartiges Kammerpaar, das besonders fur ifnahmen vom Schiff aus konstruiert wurde, in Abb 154 dargestellt Die starr mit dem ımmerkorper verbundenen Fernrohre dienen r gegenseitigen Anzielung und ermoglichen die rstellung exakter Normalstereogramme Die nau gleichzeitige Auslosung der beiden Mo- ıntverschlusse erfolgt mit Hilfe von Elektro- ıgneten Das Plattenformat ist 9 12 cm, die ennweite der Objektive betragt 127 mm Da ztere fest angeordnet sind, kommen nur Auf- hmen von Objekten in Frage, die sich inner- lb eines vertikalen Gesichtsfeldwinkels von wa ± 17° befinden

g) Stationare Photogrammeter von P Goerz, A-G[1] Bei den Goerzschen undphotogrammetern ist die Kammerachse rtikal gerichtet, die Aufnahmeplatten (vom rmat 9 12 cm) liegen also horizontal Fur Aufstellung der Kammern, die zunachst r Festlegung von Geschoßbahnen nahe der rtikalebene durch die Kammerachsen be mmt waren, sich aber ebensogut zur Messung der Geschwindigkeit von

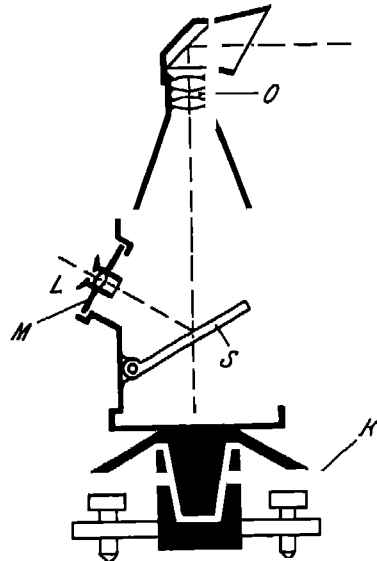



Abb 155 Konstruktionsschema des Feldphotogrammeters von C P Goerz in Berlin

[1] E Doležal, Int Arch f Photogramm 6, 1919/23, S 274

Wolken[1] und Flugzeugen eignen, sind Steinpfeiler vorgesehen Die gegensei Orientierung erfolgt — abgesehen von der selbstverstandlichen Horizontier durch Libellen — wieder durch fest mit dem Kammerkörper verbundene Z fernrohre, denen wechselseitig besondere Zielmarken an den Kammern entsprec Die Objektive (Dagor 1 6,8, Brennweite 300 mm) werden gleichzeitig elektrischem Wege ausgelöst, die Zeitpunkte der Aufnahmen können einem Chronographen registriert werden Der Gesichtsfeldwinkel winkelr zur vertikalen Ebene durch die Kammerachsen betragt etwa $\pm 8^0$ Bei Verwend entsprechender Vorsatzprismen vor den Objektiven ließe sich die Ebene d die außeren Kammerachsen selbstverständlich auch horizontal legen

Die Firma GOERZ hat auch ein Feldph grammeter mit horizontal[2] liegender Platte konstr (Abb 155), das fur militarische Zwecke insofern von deutung ist, als die Aufnahmen aus einer Deck heraus gemacht werden können Zur Festlegung Aufnahmerichtung dient ein am Dreifußunterbau festigter Horizontalkreis K, als Zielfernrohr wird schon beschriebener Weise das Objektiv O der Kam in Verbindung mit einer Lupe L benutzt, deren E ebene das von O erzeugte Landschaftsbild durch kippbaren Spiegel S zugeführt wird An Stelle Lupe kann eine Mattscheibe M eingesetzt werden, als Bildsucher dient Durch Vertikalstellen des Spie wird der Innenraum fur die Aufnahme freigegel

Das Objektiv besitzt eine Brennweite von 60 und ein Öffnungsverhaltnis von 1 20, das Plat format ist 9 12 cm

Abb 156 Photogrammeter für Tatbestandsaufnahmen nach FR EICHBERG

h) Photogrammeter mit Meßgitter n FR EICHBERG[3] Die von G HEYDE in Dresden baute Kammer (Abb 156) ist ausschließlich fur Ei aufnahmen (insbesondere bei der polizeilichen F legung eines Tatbestandes) bestimmt, nach d die Objektrekonstruktion mit Hilfe eines Meßgit (Abb 17, S 16) vorgenommen wird Entsprech der hier vorauszusetzenden konstanten Hohe Objektivs uber der Grundrißebene ist das Instrument auf einem St stativ von unveranderlicher Lange befestigt Ein Dreifußuntergestell in bindung mit zwei Rohrenlibellen dient zur Vertikalstellung der Bildeb in der das auf eine planparallele Glasscheibe graviert Meßgitter li Gegen diese Scheibe wird die lichtempfindliche Schicht der Aufnahmeplatt der gleichen Weise gepreßt, die bei dem Photogrammeter nach HUGERSH beschrieben wurde Auf die durch die Planscheibe bedingten Verzeichnu fehler ist bei der Konstruktion des Netzes Rucksicht genommen

Das Plattenformat ist 18 24 cm, als Objektiv wird ein Protar von 18 Brennweite verwendet Zur Herstellung gewohnlicher Aufnahmen ganz n Objekte kann das Meßgitter entfernt und das Objektiv in seiner Fassung

[1] An dieser Stelle sei auch der „Wolkenautomat" nach SPRUNG erwähnt hierzu R SÜRING, Veröff d Preuß Meteorol Inst 7, 1922

[2] Die horizontale Plattenlage wurde wohl zuerst bei dem photograph Meßt von A CHEVALIER angewandt, vgl FR SCHIFFNER Die photogr Meßk Halle 1892

[3] E DOLEŽAL, Int Arch f Photogramm 5, 1916, S 140

›hend verschoben werden Die dem Meßgitter zugeordnete Bildweite ist h einen besonderen Anschlag mit Feststelleinrichtung gekennzeichnet

ı) Photogrammeter fur Roll- ı nach R PROHASKA[1] Das als ıo-Phototheodolit" bezeichnete, A FROMME in Wien hergestellte ·ument (Abb 157) gehört zu dem hen Typus wie die Konstruktion BRIDGES LEE, nur daß bei ihm Objektiv (Brennweite 9 cm) um bare Betrage vertikal verschoben len kann

Im übrigen ist das Gerat beson- bemerkenswert als erste terre- ›he Meßkammer fur Aufnahmen plangelegtem Film bei zwang- ger Kuppelung des Filmtransportes dem Spannungs- bzw Auslosungs- ıanismus des Verschlusses[2] Die ·iebskurbel fur den Weitertransport Filmes bewirkt gleichzeitig eine ıung der Kammer um ihre verti- Achse und zwar ist die Einrich- so getroffen, daß nach je 8° ›ontaler Verschwenkung automa- eine Belichtung erfolgt Da der echte Bildfeldwinkel der Kammer

Abb 157 Photogrammeter mit Rollfilmkassette und zwangläufiger Verschlußbetätigung nach R PROHASKA von A FROMME in Wien

30° betragt, so weisen die aufeinander nden Bilder eine (unnotig) reichliche deckung auf, aus der sich eine Kontrolle lie Verschwenkung ergibt[3] Die Glas- e, gegen die der Film gepreßt wird, ist ›inem Netz wagrechter und senkrechter ›den versehen, der Abstand der ein- ›n Geraden ist konstant und betragt m tg 1° Das fur die unmittelbare Rich- sentnahme bestimmte Netz kann diesem ·k also nur angenahert dienen[4]

j) Panoramakammer nach J W LEY[5] Zur Aufnahme kontinuierlicher ›ramen (mit einem horizontalen Bild vinkel von meist etwa 180°) auf eine ıdrische Flache sind besondere Kammern

Abb 158 Panoramakammer nach J W BAGLEY

---

[1] E DOLEŽAL, Int Arch f Photogramm ›16, S 143

[2] Ein ähnliches Photogrammeter benutzt ıdings B SPIEWECK fur Start und lungsmessungen von Flugzeugen, vgl S 31, Fußnote 2

[3] Vgl z B S FINSTERWALDER, Die geom Grundlagen d Photogrammetrie, 1897

[4] Über exakte Winkelgitter vgl S 43

[5] J W BAGLEY, The use of the panoramic camera in topographic surveying, hington (U S Geological Survey) 1917

konstruiert worden, von denen eine der ersten der Zylindrograp M Moessard[1] war Eine umfassende praktische Anwendung hat wo die Panoramakammer von Bagley (Abb 158) gefunden Der etwa breite Film wird von der Vorratsspule zur Aufwickelspule hinter eine zylindrischen Glasfläche vorubergefuhrt, deren Halbmesser der Brei (13,5 cm) des Aufnahmeobjektivs entspricht Letzteres, ein Tessa dem Öffnungsverhältnis 1 6,3, ist um eine durch den bildseitigen punkt gehende vertikale Achse drehbar Mit der Fassung des Objek ein lichtdichter Schacht fest verbunden, der in einen etwa 1 cm breit tikalen Spalt unmittelbar vor der Glasflache endigt Die Belichtung durch entsprechend rasche Vorüberführung des Spaltes vor dem Fi welchem Zweck ein regulierbarer Federantrieb unmittelbar auf die Dr des Objektivs wirkt Bagley hat zu Kammer eine Vorrichtung, die „I Alhidade" konstruiert, mit der m plangelegten Papierabzügen der zylind Aufnahmen (unter Berucksichtigung d piereinganges) unmittelbar horizontal tungswinkel entnehmen kann

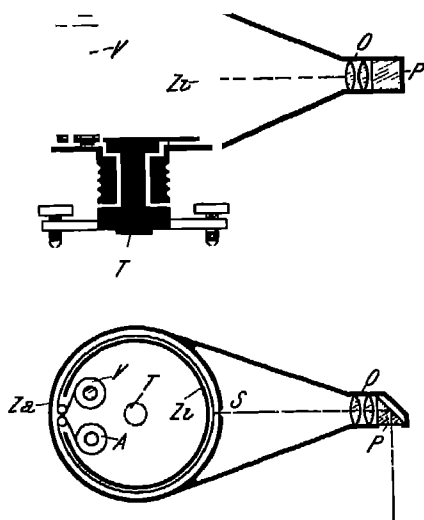



Abb 159 Schema der Panoramakammer nach A Pelletan

Zur Aufnahme von Panorame einem horizontalen Bildfeldwinkel v 360° hat A Pelletan (Firma Mai Paris) eine Kammer[2] konstruiert (Ab bei der der Film nicht durch eine zylinder hindurch, sondern unmittel lichtet wird Der Film wird zu dem über die außere Flache eines meta vertikalen Kreiszylinders Z_i gefuhrt, in Innerem die Vorratsspule V und di wickelspule A untergebracht sind De der Z_i ist durch eine vertikale Ac fest mit dem Dreifußunterbau verl Ein weiterer Zylinder Z_a laßt si die Achse T drehen und schließ Zylinder Z_i lichtdicht bis auf einen schmalen vertikalen Spalt S al gegenüber das Objektiv O mit dem vorgeschalteten Prisma P angeordi Die Belichtung erfolgt auch hier wahrend der Drehung des Objektivs den Spalt S hindurch Als Antriebskraft hat Pelletan ein sinkendes (vorgeschlagen, dessen Fallgeschwindigkeit durch eine hydraulische Br in eine gleichformige Geschwindigkeit umgeformt wird Zu der Kammer ein besonderes Auftragegerat, das die Rekonstruktion des Grundrisse auf zwei so gewonnenen Panoramen dargestellten Objekts ermoglicht

35. Kammern mit neigbarer Bildebene Die Kammern mit neigbar ebene,[3] die nach R Thiele (vgl S 126) zweckmaßig als „Photothe zu bezeichnen sind, haben seit der Konstruktion von Universal Auswerte (Autokartograph, Stereoplanigraph, Aerokartograph und mit gewisse

[1] Fr Steiner, Die Phototopographie im Dienste d Ingenieurs, Wien 18 Abbildung dieses Geräts bringt u a M Weiss, Gesch Entwicklung usw gart 1913

[2] E Doležal, Int Arch f Photogramm 5, 1915, S 52

[3] Das erste Gerat dieser Art wurde 1884 von L P Paganini konstru Fr Schiffner, Die phot Meßkunst, Halle 1892

Abb 160 Phototheodolit nach C KOPPE von O GÜNTHER in Braunschweig

hrankungen auch Autograph) außerdentlich an Bedeutung gewonnen Die r Aufnahmen mit horizontalen und benders parallelen Achsen haufig sehr ngwierigen Erkundungsarbeiten werden ı Verwendung von Phototheodoliten rkürzt und vereinfacht, der Nutzungsum eines Aufnahmepaares wird meist ›sentlich vergrößert und damit die ırtschaftlichkeit des Verfahrens ge- ›igert

a) Phototheodolit nach C KOPPE[1] Das 1888 von RANDHAGEN in Han- ›ver (spater von O GÜNTHER in Braunhweig) gebaute Instrument ist im ›sentlichen ein Theodolit mit exzentrihem Fernrohr, dessen Kippachse die ›rm einer konischen Büchse hat, die n entsprechend ausgebildeten Körper r Kammer aufnimmt (Abb 160) Soll ›r Theodolit nur etwa zu Anschlußessungen benutzt ›rden, so läßt sich e Kammer leicht aus rer Lagerbuchse entrnen Die hier erstalig angewandte Art r Zerlegung eines ıototheodolits ist sehr ›reckmaßig Der Photheodolit besitzt alle ınrichtungen zur unıttelbaren und selbandigen Orientierung ›r einzelnen Aufnahen, nach Entfernung r Kammer ergibt sich ı verhaltnismaßig ıchtes Winkelmeßrat, so daß die sondere Mitnahme nes solchen erspart ırd

Die KOPPEsche onstruktion ist vor lem bekannt geworn durch eine Sonderrıichtung, die ihr

Abb 161 Phototheodolit von BREITHAUPT & SOHN in Kassel

[1] C KOPPE, Die ıotogrammetrie oder ldmeßkunst, Weimar 89

1895 gegeben wurde[1] und durch die sie (mittels eines besonderen zentr Fernrohres und eines besonderen Kammerhalters) zu einem Bildmeßtl liten ausgestaltet wurde[2]

Die Kammer (quadratisches Plattenformat, 12 12 cm) ist mit Collinear von VOIGTLÄNDER & SOHN A.-G. in Braunschweig ausgei $f = 15$ cm, Öffnungsverhältnis 1 6,3 Die Ablesung des Vertikalkreises e mittels Nonien, die Ablesung des Horizontalkreises ebenso, bei einem sp Modell erfolgt die Ablesung mittels Schraubenmikroskopen

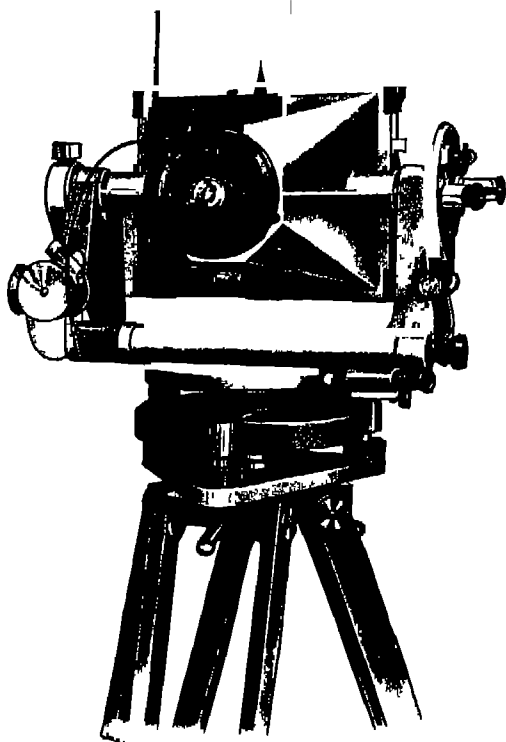



Abb 102 Phototheodolit nach R HUGERSHOFF

b) Phototheodolit BREITHAUPT & SOHN in sel[3] Das Instrument gehö dem von KOPPE eingefü Typus, es besteht also aus Kammer und einem von leicht trennbaren Theodolit exzentrischem Fernrohr Zu zielung eines niedrigen Auf wird hier die Kammer oberha Fernrohrkippachse angebrach mit ihr durch eine einfache Kl vorrichtung verbunden (Abb Das Objektiv (wie bei dem K schen Instrument ein Collinea VOIGTLÄNDER & SOHN A.-G der Brennweite 15 cm und ein lativen Öffnung von 1 5,4) hier, ähnlich wie bei den a Phototheodoliten von V Po und A SCHELL,[4] um je 20 mm oben und unten vertikal versc werden Das Plattenformat 9 12 cm, das Gewicht der g ten Ausrustung einschließlich T portkoffer und Stativ beträgt 2

c) Phototheodolit nac HUGERSHOFF[5] Den beschrie Phototheodoliten fehlt eine Ei tung zur Herstellung exakter malstereogramme Eine solche ist erstmalig angewandt worden an dem v HEYDE in Dresden gebauten Phototheodolit, sie besteht (Abb 102) aus einer am Unterbau angebrachten, parallel zur Kippachse der Kammer gelagerte fernrohr Vor dem Fernrohrobjektiv ist ein um eine wagrechte Achse neig Spiegelprisma angeordnet, das die Einstellung des anderen Basisendpunkt beliebigem Höhenunterschied der Standpunkte gestattet[6] Die Zielebene

[1] C KOPPE, Photogrammetrie u internationale Wolkenmessung, Braunsc 1896

[2] Vgl hierzu S 3 und S 44

[3] E DOLEŽAL, Int Arch f Photogramm 3, 1912, S 62

[4] E DOLEŽAL, Die Anwendung d Photographie usw, Halle a S 1896

[5] E DOLEŽAL, Int Arch f Photogramm 6, 1919/1923, S 280

[6] Auf dem zweiten Standpunkt ist die Kammer durchzuschlagen, die au Meßbild sichtbare Standpunktsbezeichnung stellt sich dabei automatisch ein

·nrohres steht winkelrecht zur Kippebene der optischen Achse der Kammer ·se ist auf jeden beliebigen Neigungswinkel von — 40° bis + 90° einstellbar, an einem mit der Kippachse bundenen Höhenkreis mittels nien auf 30″ abgelesen werden in, für exakt horizontale bzw tikale Aufnahmen sind besondere l empfindliche Libellen vorgeen Der große Aufnahmebereich der Vertikalebene macht den otheodolit nicht nur fur Photoographie und fur Architekturnahmen, sondern auch fur geophische Ortsbestimmungen,[1] für listische und endlich fur meteoroische Zwecke (Wolkenaufnahmen) uchbar Fur die letzterwähnten den Aufgaben sind in der Regel ·i dieser Phototheodolite in sym trischer Bauart und mit synchroelektrischer Verschlußauslosung benutzen

Abb 163 Phototheodolit nach R Hugershoff mit aufgesetzter Zieleinrichtung, Rückansicht

Ein auf den Bildrahmen mittels sonstiften aufsetzbares Okular ›b 163) mit Zielmarke ergibt in bindung mit dem Kammerobtiv ein Fernrohr (vgl S 129), , dem die Vertikal- und Horiitalwinkel (letztere mittels Skamikroskopes auf 6″) nach beliebigen Gelandepunkten gemessen werı konnen Die Feinstellschraube die Horizontalbewegung kann auf insch als Meßschraube (Abb 164) ausgelet werden, die in Verbindung mit einer legbaren wagrechten Distanzlatte (Abb ›) zur Basismessung dient (vgl S 132) ie volle Umdrehung der Schraube entricht einem Winkel, dessen Tangente 200 ist Die fur das Plattenformat 18 cm eingerichtete und im allgemeinen , einem Tessar ($f = 18$ cm, Lichtstarke 6,3) und mit Zentralverschluß versehene mmer wiegt komplett zirka 12,5 kg Die amte Ausrustung, einschließlich zwei Sta·n, Zielscheibe, Basismeßlatte, sechs Dopkassetten mit zwolf Platten und Transtkoffer hat ein Gewicht von zirka 39,5 kg

Abb 164 Horizontal wirkende Feinstellschraube als Meßschraube

[1] Über Einzelheiten der diesbezüglichen auf S 34 und S 35 dargestellten Konstruktionsverfahren, vgl auch H Sarnetzky, Grundzüge der Luft und Erdmessung, Berlin 1928, S 192 ff

d) **Phototheodolit nach H Wild in Heerbrugg**[1] Auch bei dies Gerät läßt sich, dem Koppeschen Vorschlag entsprechend, die Kammer v eigentlichen Theod trennen Die Kippacl des letzteren ist aber h nicht identisch mit der Kammer, der dem Kammertrag (Abb 166) aufgeset Theodolit ist, ahnlich bei dem Photogramr ter nach Hugersho unabhangig von der Kamn und kann infolgedessen zur H stellung exakter Normalster gramme benutzt werden H ist allerdings eine genaue stierung des Theodolits vora zusetzen, da dessen Fernr nicht umlegbar ist und we mechanische (vgl die Pho grammeter nach Hugersh und Doležal) noch optis Anschläge (vgl das Pho grammeter von C Zeiss) v gesehen sind Der Kippun bereich der Kammer ist wes lich geringer als an ande Phototheodoliten, es sind feste, genau angebbare K pungsbetrage möglich (+ 1 + 6ᵍ, ± 0ᵍ, — 6ᵍ, — 1 — 18ᵍ), die durch Rasten einem beweglichen Halter v geschrieben sind

Abb 165 Basislatte zum Phototheodolit nach R Hugershoff

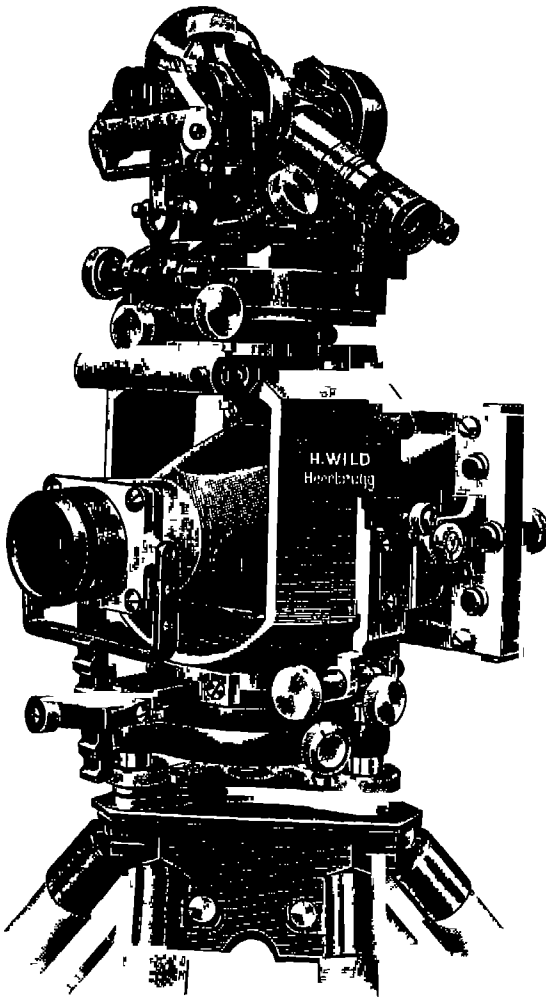



Abb 166 Phototheodolit nach H Wild

Das Instrument ist Gegensatz zu anderen Konstr tionen, die von den moder Leichtmetall-Legierungen brauch machen, aus Stahl h gestellt Es ist fur das Platt format 10 15 cm eingerich und benutzt ein von H W selbst errechnetes Objek uber das in der wissensch lichen Literatur noch nic bekannt wurde Seine norm Brennweite ist 15,5 cm, wird aber auch in einem sprechenden Kammergehause mit einer Brennweite von 24,0 cm gelief

Der komplette Phototheodolit wiegt (ohne Stativ) zirka 12 kg, die gesa

[1] Bildmess u Luftbildwes 1, 1926, S 35

srustung (einschließlich zwei Stativen, Zielvorrichtung, Distanzlatte und ölf gefullten Einzelkassetten) etwa 51 kg

Bei den bisher beschriebenen Aufnahmegeraten wurde eine (gewisse) Kon-nz der Bildweite durch Andrücken des Emulsionstragers an einen mit dem jektiv starr verbundenen Bildrahmen erzielt Ein anderes Verfahren benutzt HOHENNER bei dem von ihm angegebenen Phototheodoliten (Int Arch f otogramm 5, 1917, S 228) Hier wird die federnd in der Kassette liegende itte durch drei in der Kammer angebrachte, von außen bediente Exzenter-bel in die Kassette zuruckgedruckt und auf diese Weise in einen bestimmten stand vom hinteren Hauptpunkt des Kammerobjektivs gebracht Die Kammer itzt im ubrigen ein vertikal verschiebbares Objektiv und ein festes, fur die rstellung von Normalstereogrammen bestimmtes Zielfernrohr Für die Aus-irung beliebiger Richtungsmessungen ist die Kammer aus ihren Kippachsen-ern zu entfernen und durch ein zentrisches Fernrohr mit Höhenkreis zu er-zen Das Bildformat ist 9 12 cm, die ennweite des Objektivs (Lineoplast 12,5 von STAEBLE in Munchen) be-gt 13 cm Das komplette Instrument gt ohne Stativ in Verpackung 19,3 kg

e) Phototheodolit für ballisti-ie Aufgaben nach H RUMPFF in nn Von den fur ballistische Photo-mmetrie angegebenen speziellen Auf-imegeraten[1] sei hier der Phototheodolit ih H RUMPFF erwähnt Das in Abb schematisch dargestellte Gerat dient allem der Untersuchung der Ge-oßbahn in der Nahe der Rohrmün-ig Die Aufnahmen erfolgen mittels Objektivs O durch einen Spalt S durch Dieser Spalt befindet sich in Deckelflache eines zylindrischen Ge-ises Z, dessen Achse wagrecht liegt

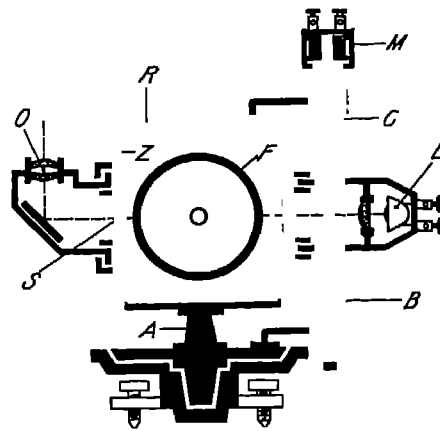



Abb 107 Konstruktionsschema des ballistischen Phototheodolits nach H RUMPFF

s Gehause selbst liegt in einem ringformigen Rahmen R und kann so lreht werden, daß der Spalt der Geschoßbahn bzw der Rohrachse parallel Die Aufnahmen werden auf einem Filmstreifen gemacht, der auf der Trommel liegt, die um eine im Gehause Z fest gelagerte, von einem besonderen Motor getriebene Achse gedreht wird Der erwahnte ringformige Rahmen R ist ein standteil der Stehachse A des Instruments, die in der Büchse eines Dreifuß-terbaues ruht Mit der Stehachse ist fest verbunden ein vertikales Rohr B, s einen fallenden Stab C aufnimmt, der vor Beginn der Aufnahme durch den ektromagneten M festgehalten wird Der Stab zeigt Durchbrechungen, die Intervallen und Großen aufeinander folgen, die den Fallzeiten entsprechen ese Unterbrechungen werden durch eine Lichtquelle L unter Vermittlung gneter Linsen beim Vorubergleiten des fallenden Stabes auf die dem Spalt-d gegenuber liegende Stelle des Filmes abgebildet, so daß die Zeitdifferenzen ischen den einzelnen Spaltaufnahmen sehr genau feststellbar sind[2]

[1] Vgl auch die auf S 105 erwähnten Konstruktionen der ASKANIA-WERKE A -G W von P RAETHJEN

[2] H RUMPFF, Die wissenschaftl Phot als experim Grundlage des Geschütz-ues, Bonn 1920 DERSELBE, Theorie d photogramm Geschwindigkeitsmessung nn 1923 Weitere Literatur s S 8

36 Stereometrische Doppelkammern. Zur Festlegung der Formen u Ausmaße komplizierter und insbesondere auch beweglicher Objekte auf ku Entfernungen können außer (auf S 32 erwahnten Spiegela nahmen auch Aufnahmen mit zweier achsenparalleler Kamm von den Enden einer festen B aus benutzt werden

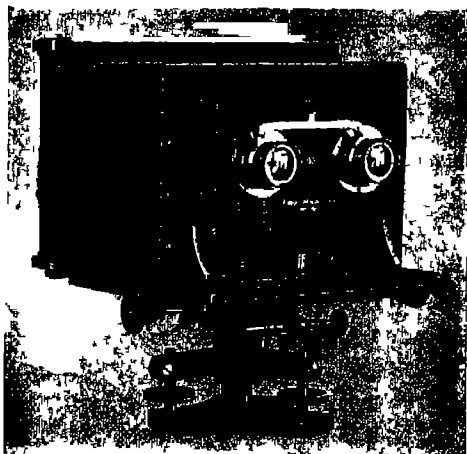



Abb 168 Stereometerkammer nach J Pantoflíček der Fa G Heyde in Dresden

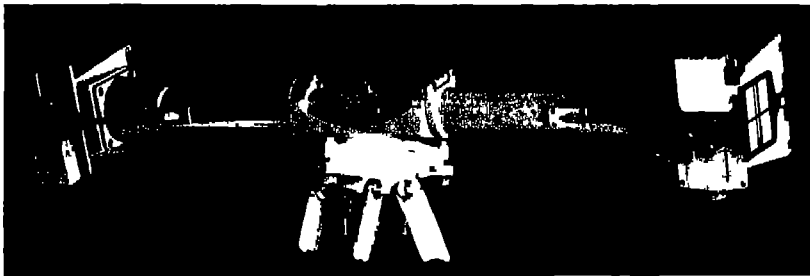
a) Stereometerkammer J Pantoflíček Bei dieser v G Heyde in Dresden gebau Doppelkammer (Abb 168) werd die beiden Aufnahmen auf e Platte vom Format 18 21 cm macht Der Abstand der gleich Objektive (Anastigmate 1 ($f = 15$ cm) beträgt 100 mm Die V schlusse werden gemeinsam gespa und ausgelost Zur Aufnahme a ganz naher Objekte kann die B weite von 15 cm bis auf 19 cm du Verschiebung des Objektivtrag gegen den mit ihm durch einen B gen verbundenen Anlegerahmen v großert werden Die Bildweiten derung erfolgt durch einen im B links sichtbaren Triebknopf, der glei zeitig einen unmittelbar vor der B ebene befindlichen Zeiger verschie Die Stellung des Zeigerbildes geg eine benachbarte feste Bildmarke e spricht genau der Differenz der weiligen Bildweite gegen die Bre weite der Objektive Über die V wendbarkeit derartiger Doppela nahmen z B fur anthropologisc biologische und medizinische Zwec haben C Pulfrich[1] und H M tiegka und J Pantoflíček[2] a fuhrlich berichtet

Abb 169 Stereometerkammer der Fa Carl Zeiss in Jena

b) Stereometerkammer v Carl Zeiss in Jena[3] Das in Al 169 wiedergegebene, fur die gleich Aufgaben bestimmte, ausgezeich durchkonstruierte Instrument fur das gebrauchliche Plattenforn 13 18 cm eingerichtet Die Brer weite der Objektive (Tessare) betr ebenfalls 15 cm Die Basis ist h

[1] C Pulfrich, Arch f Opt 1, 1907, S 42
[2] H Matiegka und J Pantoflíček, Int Arch f Photogramm 4, 1913 S
[3] C Pulfrich, Arch f Opt 1, 1907, S 42

mm Zur unmittelbaren Ausmessung der im Interesse einer Genauigkeitsigerung unzerschnittenen Originalaufnahmen ist fur diese Doppelkammer ɔh Angaben von C PULFRICH ein besonderer Stereokomparator (das Stereoter) gebaut worden, bei dem die Abstandsmessungen (vgl S 55) durch krometrische Verschiebung der Mikroskopobjektive geschieht

c) Stereometerkammer nach R HUGERSHOFF Die Doppelkammer ɔb 170) ist fur Modellaufnahmen von Objekten in mittleren Entfernungen, besondere zu kriminalpolizeilichen Tatbestandsaufnahmen, Formunterhungen an stehenden Baumen, fluß- und schiffbautechnischen Studien usw timmt Die starre[1] Basis ist dementsprechend wesentlich größer (100 cm), bei den eben beschriebenen Instrumenten, sie gestattet aber immerhin noch en bequemen Transport des Gerates[2] Die Kammergehäuse zeigen die gleiche sfuhrung wie das Gehause des auf S 127 beschriebenen Photogrammeters rschiebbare Objektive (im allgemeinen Tessare 1 , 4,5, f = 13,5 cm) mit ɔsttatiger photographischer Festlegung der Objektivstellung, Format 9 × 12 cm l Anlegekassetten Die gemeinsame Spannung der beiden Zentralverschlusse

170 Stereometerkammer nach R HUGERSHOFF (AEROTOPOGRAPH G m b H in Dresden)

chicht mechanisch, ihre gleichzeitige Auslosung kann sowohl auf mechanischem auch auf elektrischem Wege vorgenommen werden Das Basisrohr wird allgemeinen mittels eines Dreifußunterbaues auf einem Stativ befestigt, Basis kann um eine vertikale Achse beliebig und meßbar verschwenkt und , Hilfe einer Bussole orientiert werden Es lassen sich sowohl wagrechte als ıh geneigte Aufnahmen vornehmen, letztere durch Drehung des Basisrohres seine mechanische Achse Die Grenzen der Kippung sind + 45° und — 30°, die Einstellung der Kippungswinkel sind von 5° zu 5° besondere Rasten vorehen

Das Gerat wiegt einschließlich Transportkoffer und Stativ 21 kg

C. Meßkammern für bewegliche Aufstellung

37 Einfache Kammern mit Handbetatigung a) Meßkammer nach HUGERSHOFF[3] Die Kammer (Abb 171) ist fur das Bildformat 13 18 cm gerichtet, sie wird sowohl fur eine Bildweite von 18 cm als auch fur eine

[1] Eine Doppelkammer mit veranderlicher Basis (50, 37½ und 25 cm) und verrlicher Bildweite wurde nach Angaben von W SEKE von CARL ZEISS gebaut O LACMANN, Zentralbl d Bauverwalt, 1919, Nr 63ff

[2] Fur Wellenaufnahmen auf größere Entfernungen wurde nach Angaben von SCHUMACHER von CARL ZEISS in Jena eine Spezialkammer mit 6 m langer Basis aut Vgl Annal d Hydrogr 54, 1926 und H WEIDINGER Mitt a d Arbeitsgeb PHOTOGRAMMETRIE G m b H, München, 3 1927 Nr 7, 8

[3] F DOLEŽAL, Int Arch f Photogramm 6 1919/23, S 283

solche von 21 cm gebaut Als Objektiv wird im allgemeinen ein Tessar 1 4, benutzt Der Compurverschluß mit der maximalen Geschwindigkeit $^1/_{200}$ Sekund wird durch einen von der rechten Hand betätigten Hebel gespannt (S 114 die Auslösung erfolgt nac dem Loslassen des Hebel wodurch das sonst leicl mögliche „Verwackeln" de Aufnahme verhindert wir Der Hebel geht nur dan zurück, wenn der Verschlu

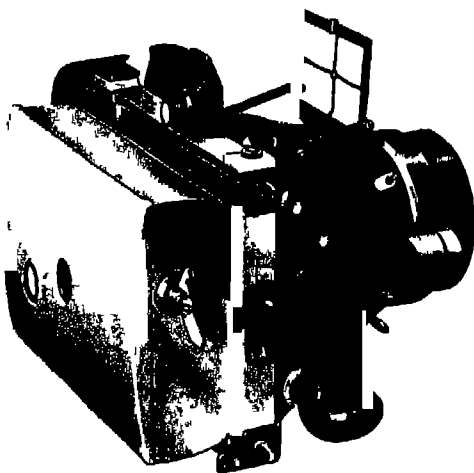



Abb 171 Standmeßkammer nach R Hugershoff mit Filmwechselkassette (Aerotopograph G m b H in Dresden)

Abb 172 Freihändiger Gebrau d l Abb 171 dargestellten Kamm

wirklich gespannt wurde Eine weitere Sicherungseinrichtung gegen Fehlbedie tungen (S 114) sperrt die Verschlußspannung, wenn das Anpressen der Kasset gegen den Bildrahmen vergess wurde Auf dem Kammerkorper b findet sich ein aufklappbarer Ra mensucher und neben demselb eine auf verschiedene Neigungswink einstellbare und in einem Spieg zu beobachtende Dosenlibelle, die gestattet, der Aufnahme bei möglich geringer Verkantung eine angenahe vorgeschriebene Neigung zu gebe

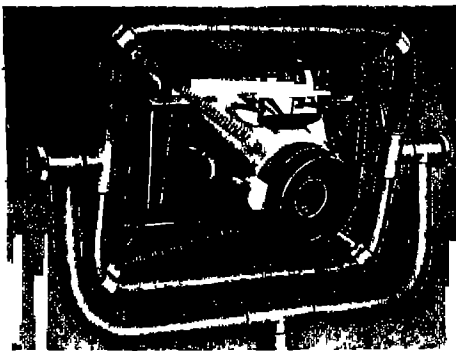
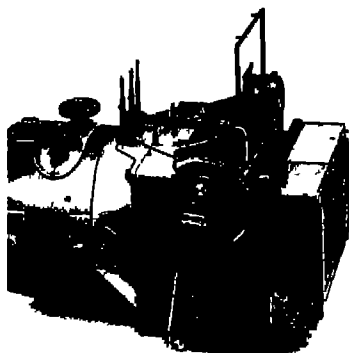



Abb 173 Aufhängevorrichtung für Schrägaufnahmen zu der in Abb 171 dargestellten Meßkammer

Die Kammer kann sowohl n Glasplatten als mit Film benut werden Sie ist zu dem Zwecke n einer in der Bildebene fest ang brachten planparallelen Glasplat (S 125) versehen, auf der nicht n die vier Bildmarken, sondern auch d Rahmenhauptpunkt (kleine Kreise mit Punkt) eingeätzt sind Die vier Bil marken haben die auf S 104 als zweckmäßig angegebene Lage Beim Gebrau von Glasplatten als Emulsionsträger wird eine Wechselkassette (S 120) f sechs Platten benutzt, bei der nicht nur das Gehäuse, sondern auch die V schlußschieber aus Metall hergestellt sind Die Filmkassette, deren Konstrukti auf S 122 bzw S 125 beschrieben wurde, ist für 50 Aufnahmen eingericht Sie gewährleistet einen völlig zwangläufigen Filmtransport und ein absolut

anliegen des Filmes auf mechanischem Wege Für den freihandigen Gebrauch bb 172) dienen die seitlichen Handgriffe, zur Herstellung einer großeren Anhl sich fortlaufend überokender Aufnahmen ist Benutzung besonde- Aufhängevorrichtungen bb 173 und 174) vorlhaft Sie bestehen im sentlichen aus zwei Rahm, die um zwei winkelht zueinander stehende hsen gedreht werden kön- (Cardan-Aufhangung) Aufhangegestellen fur rwiegend Senkrechtaufhmen (Abb 174) muß ßerdem noch eine Dreng der Kammer um ihre tische Achse zur Kommsierung der Abtrift des igzeuges durch seitlichen nd möglich sein Zur stellung der Abtrift nt ein an die Handnmer ansteckbarer klei-

Abb 174 Handmeßkammer nach R Hugershoff in Aufhängevorrichtung für Senkrechtaufnahmen mit Überdeckungsregler

Mattscheibensucher, der gleichzeitig die Zeitpunkte angibt, zu denen bei nkrechtaufnahmen die Belichtung vorzunehmen ist, um eine vorgeschriebene erdeckung der Bilder zu erzielen (vgl Überdeckungsregler, S 237) Durch ondere Federzuge bzw Gummi-

175 Handmeßkammer C/4 Modell 1926, der I u C Zeiss, Jena

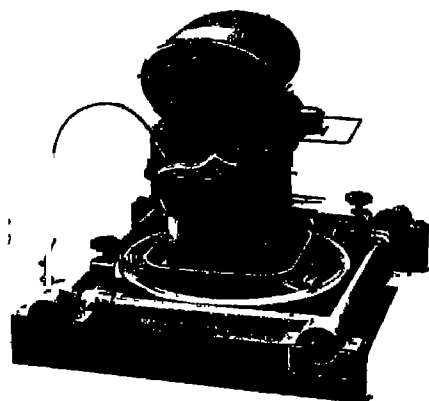



Abb 176 Handmeßkammer C/4 der I u C Zeiss, Jena, in Senkrechtaufhängevorrichtung

ster innerhalb des Gestelles und gegebenenfalls auch durch elastische Befestig des ganzen Gestelles am Flugzeugkorper[1] ist dafur gesorgt, daß sich dessen nationen nicht auf die Kammer ubertragen

[1] Hierzu sind z B Fahrradluftschlauche zweckmäßig zu verwenden, vgl O Lacn, Bildmess u Luftbildwes 3, 1928, S 101

Die von G HEYDE in Dresden gebaute Meßkammer wiegt ohne Kasset 6,7 kg, das Gewicht einer Plattenkassette betragt 2,4 kg, das einer Filmkasse 2,9 kg

b) Meßkammer von CARL ZEISS in Jena[1] Das Bildformat des Abb 175 dargestellten Aufnahmegerates ist ebenfalls 13 18 cm Das w zum Tessartyp gehorige Objek wird als „Meß-Flieger-Objekti bezeichnet, es hat eine Brennwe von 21 cm und ein Öffnungsv haltnis von 1 4,5 Der Zent verschluß, dessen kürzeste laufdauer $1/_{175}$ Sekunde betrà zeigt einen günstigen Wirkun grad (S 113) Über die Betätig des Verschlusses und etwa Sicherungseinrichtungen ist bis nichts veroffentlicht worden dem Kammerkörper ist ein a klappbarer Bildsucherrahmen gebracht, eine Dosenlibelle di zur Einstellung der Kammerachse bei Senkrecht- und Steilaufnahmen Schragaufnahmen läßt sich die Einhaltung einer vorgeschriebenen Neig an einer seitlich angebrachten gebogenen Röhrenlibelle erkennen Die Bildmarken werden auf optischem Wege hergestellt (S 104) und kommen den Ecken des Bildfeldes zur D stellung

Abb 177 Handmeßkammer von H WILD

Auch bei dieser Kammer kön sowohl Glasplatten als auch Filmstrei Verwendung finden Fur erstere wer Wechselkassetten fur sechs Platten nutzt In der Filmwechselkassette schieht die Planlegung des Filmes pn matisch und zwar durch Ansaugen Films gegen eine Planscheibe (S 1 der Transport des fur 120 Einzelaufn men ausreichenden Filmbandes gesch durch Friktion (S 122) Abb 176 z die Handkammer in Verbindung mit Filmkassette in einer fur Senkre aufnahmen bestimmten Aufhange richtung

Abb 178 Küstenkammer nach R HUGERSHOFF Konstruktionsschema

Über das Gewicht der Kammer n Zubehör waren Angaben nicht zu erlan

c) Meßkammer nach H WILD in Heerbrugg[2] Die nur fur di nutzung von Glasplatten (im Format 10 15 cm) eingerichtete Kam (Abb 177) ist mit einem „WILD'-Objektiv (s S 140) 1 5 von 16,5 cm Br weite ausgerustet Die Wechselkassetten sind entsprechend dem kl inen For zur Aufnahme von zehn Platten eingerichtet

Der gesamte Aufbau der Kammer zeigt soviel Ahnlichkeit mit der H

[1] E DOLEŽAL, Int Arch f Photogramm 6, 1919/23, S 240
[2] K SCHNEIDER, Bildmess u Luftbildwes 4, 1929, S 1

kammer nach HUGERSHOFF, daß sich eine eingehende Beschreibung hier rigt

d) **Kustenkammer nach R HUGERSHOFF**[1] Diese von G HEYDE in den gebaute Kammer stellt einen Übergang zu den im folgenden Abschnitt

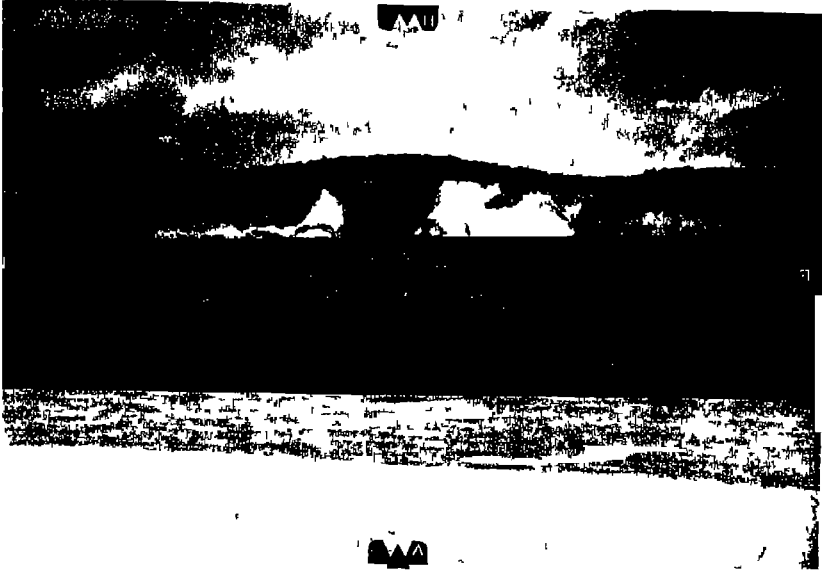



Abb 179 Teilbild einer Meßaufnahme der Küste von Rügen

riebenen Mehrfachkammern dar Sie ist eine Doppelkammer, deren beide ktive O_1 und O_2 (Abb 178) — Tessare 1 4,5, $f = 18$ cm — parallel und gengesetzt gerichtet sind Die Objektive haben eine gemeinsame Bildebene, Aufnahmen erfolgen dementsprechend auf einer am Bildrahmen R an

Abb 180 Schichtenplan nach Aufnahmen mit der Küstenkammer

den Platte, deren Format 13 18 cm ist Die Kammer dient der Aufnahme Steilkusten vom Schiffe aus, wobei das Objektiv O_1 den Küstenabschnitt, Objektiv O_2 aber die der Kuste gegenuberliegende Kimm abbildet Die und Neigung des Kimmbildes in bezug auf die entsprechenden Bildmarken 179) ergibt mit Berucksichtigung der Erdkrummung und Refraktion un-

[1] D R P Nr 395085, vgl G MÜLLER, ZS f Feinmech 31, 1923, S 47

mittelbar und exakt Neigung und Verkantung der Aufnahme, bestimm Orientierung des durch das Objektiv O_1 festgelegten Bildstrahlenbuschels, dem Horizont Die Ausarbeitung (Abb 180) von derart gewonnenen A paaren kann in irgendeinem der beschriebenen Universal Auswertegerat bei deren Benutzung sich auch die Aufnahmestandpunkte bzw die A richtungen mechanisch ergeben, wenn sich auf dem doppelt dargestellte abschnitt (mindestens) drei ihrer Lage und Höhe nach bekannte F befinden, unter Umständen ist aber eine kartographische Darstellu nachst unbekanntem Maßs ohne solche Festpunkte durc mechanische gegenseitige Anp Teilbilder eines Paares moglich

Die Kammer ist mit ei deren Aufhangevorrichtung (zu benutzen Ein Mattscheibe sucher mit Dosenlibelle erlei ungefähre Einhaltung einer Aufnahmerichtung bzw der len Lage der Bildebene Di verschlusse werden gemein spannt und durch Bowden-Z gleichzeitig ausgelost

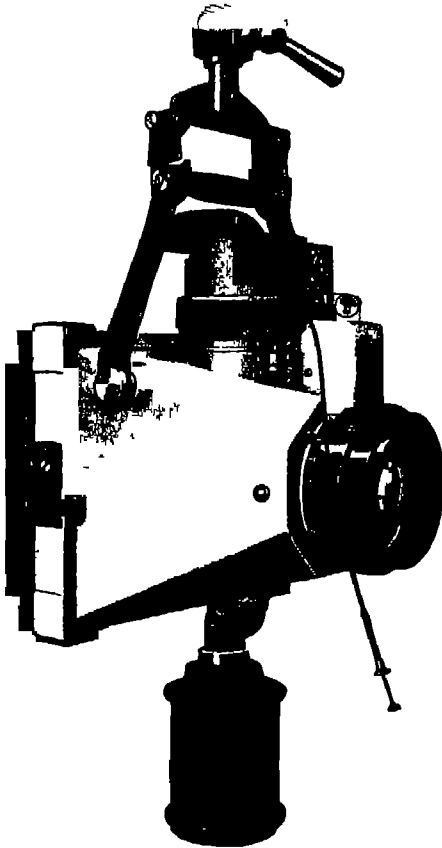



Abb 181 Küstenkammer nach R Hugershoff (Aerotopograph G m b H in Dresden)

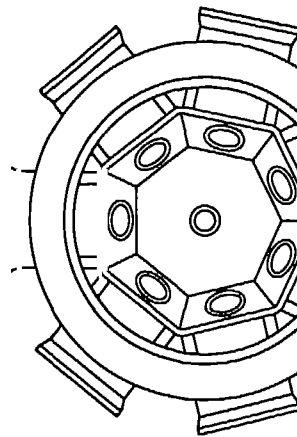



Abb 182 Schema einer Mehrf nach Th Scheimpflug

38 Mehrfachkammern mit Handbetätigung Die weite Übersicht einem Luftstandpunkt aus geboten wird, hat schon fruh das Bestre gerufen, mit einer einzigen Aufnahme eine moglichst große Flache zu erzielen Derartige Bestrebungen waren früher besonders insofern als damals nur Drachen oder Freiballone fur Luftaufnahmen zur standen, mit denen ein großes zusammenhangendes Gebiet praktisch erst bei Verwendung weitwinkliger Kammern aufgenommen werden kö den ersten Versuchen von Triboulet und Tissandier um 1885 in F

[1] N Tissandier, La photographie en ballon, Paris 1886

n es vor allem R Thiele[1] (seit 1896) in Rußland und wohl gleichzeitig unabhängig von ihm Th Scheimpflug[2] in Österreich, die um eine senkrecht unten photographierende Kammer eine Anzahl (sechs bis acht) weiterer mern in Kranzform und in starrer Verbindung so gruppierten, daß deren che Achsen zur Achse der Mittelkammer geneigt waren Die Achsen der ren Kammern sind bei der Konstruktion von Scheimpflug, deren erstes Mo- in Abb 182 schematisch dargestellt ist, nach innen gerichtet, infolgedessen ist Bauart gedrängter und damit zweckmäßiger als die der Thieleschen Pano- kammer, bei der die Achsen der Randkammern nach außen gerichtet waren Scheimpflug war der erste, der ein auch heute noch verwendetes Verfahren ationellen kartographischen Verwertung solcher Panoramenaufnahmen an- Er konstruierte zunächst theoretisch einwandfreie Umbildgeräte (S 20), nter auch eine starre, speziell für seine Panoramenkammer bestimmte, von der Firma Ernem wieder in den Handel ichte Umbildekammer,[4] he Aufnahme der auße- Kammern auf die Ebene ungefähr senkrecht auf- mmenen) Mittelbildes zu formieren Er erhielt auf Weise Bilder, die jeweils Weitwinkelaufnahme von 150° Bildfeldwinkel ent- hen Zur gegenseitigen ntierung dieser Weitwin- ufnahmen und zur punkt- n Rekonstruktion der zontalprojektion des auf- mmenen Geländes erfand Scheimpflug die Nadir- kttriangulation (S 38

Abb 183 Vierfachkammer nach J W Bagley

insbes S 195) Deren Ergebnisse dienten — wiederum mit Benutzung des ldegerätes bei Verwendung eines optisch-mechanischen Einpaßverfahrens ischer Koinzidenz") — zur Herstellung exakt horizontierter Platten Die wicklung eines Schichtenplanes aus ihnen kann grundsätzlich, worauf falls schon Scheimpflug hinwies, im Stereoautographen erfolgen Sie kann auch nach dem Verfahren der Doppelprojektion (S 78) und insbesondere erosimplex (S 83) vorgenommen werden, wobei die Weitwinkelaufnahmen orechend zu verkleinern und durch Bildweitenverschiedenheiten bedingten ildeformationen (ZS f I 23, 1903, S 133) bei der Höhenmessung zu ksichtigen sind Das gesamte Verfahren, für das die Trennung der Grund- mittlung von der Höhenbestimmung charakteristisch ist, wurde neuerdings er in Vorschlag gebracht

[1] R Thiele, Int Arch f Photogramm 1, 1908, S 35 Hier wird auch eine metrische Panoramakammer beschrieben, deren kleine Basis (2 m) aber nur eringen Flughöhen praktischen Wert hat

[2] Th Scheimpflug Phot Korr 39, 1903, S 659

[3] Vgl z B Th Scheimpflug Die Flugtechnik im Dienste des Vermessungs is in H Hoernes Buch des Fluges, Wien 1911

[4] G Kammerer Bull d Schweiz Aero Clubs 1913

[5] Cf Aschenbrenner, Bildmess u Luftbildwes 4, 1929, S 30

Die in der Bedienung solcher Mehrfachkammern liegenden tec Schwierigkeiten sind später behoben worden So konstruierte J W für den U S Geological Survey[1] eine Vierfachkammer (Abb 18 Aufnahmen auf nur zwei Filmbändern mit gemeinsamem Transport Auch Bagley verwendet eine starre Umbildekammer

Weiter hat H Cranz eine von G Heyde in Dresden unter Mi von R Hugershoff gebaute Vierfachkammer (Abb 184) angegeben, unter Verwendung achsparallel angeordneter, gleichartiger Objektive nahmen auf ein und dieselbe Glasplatte erfolgen Die gegenseitige Nei Aufnahmerichtungen wird hier durch dreiseitige Spiegelprismen erzielt dreien der vier Objektive angebracht sind[3]

Trotzdem heute infolge des Vorhandenseins lenkbarer Luftfahrz automatischer Einrichtungen zur Einhaltung paralleler Flugbahnen[4] eine Notwendigkeit wendung von W und insbesondere menaufnahmen f zwecke[5] nicht meh kann die wirtschaf deutung einer E kung der Zahl nahmen selbstve nicht verkannt we Erzielung dieser F kung sind aber kelpanoramaaufna in völlig ebenem brauchbar, das zu frei von Bauwer Baumbeständen s Andernfalls wird eines Bildfeldwinkels von etwa 65⁰ nicht nur der Einblick in Gela Waldlücken usw stark eingeschränkt sein,[6] sondern es ist auch die A des Entzerrungsverfahrens zur Lageplanherstellung ausgeschlosse und die stereoskopische Ausmessung (S 98) wird schwierig oder u Man hat deshalb die Verwendung von Panoramakammern mit Recht aufgegeben und benutzt an ihrer Stelle zur Aufnahme eines breiteren streifens Zweifach- oder besser Dreifachkammern, deren Objektivachse

Abb 184 Einplatten-Vierfachkammer nach H Cranz

[1] T P Pendleton, Map compilation from aerial photographs Top instructions, herausgegeben von C H Birdseye, Washington 1928

[2] R Hugershoff und H Cranz, Grundlagen d Photogrammetrie fahrzeugen, Stuttgart 1919

[3] Die gleiche Einrichtung verwendet neuerdings Cl Aschenbrenner für eine 9linsige Panoramenkammer, die gegenüber der Scheimpflugschen dadurch ausgezeichnet ist, daß die äußeren Bilder lückenlos aneinanderschl

[4] R Hugershoff, Bildmess u Luftbildwes 4, 1929, S 24

[5] Für bloße Übersichtsaufnahmen sind Panoramenkammern natü zweckmäßig, doch dürften sich in Zukunft für solche Aufgaben Zylin (vgl S 136), die zuerst von Boykow für Luftbildaufnahmen vorgeschlag (S 154), als vorteilhafter erweisen

[6] Der durch Sichtbeschränkung bedingten „toten Räume" wegen fii auch eigentliche Schrägaufnahmen ganz allgemein wohl nur noch in Ausn (z B zur Aufnahme von Gebirgshängen in weiten Hochgebirgstälern) Ve

rtikalen Ebene winkelrecht[1] zur Flugrichtung liegen Über derartige, zweckaßig automatisch anzutreibende Kammern s S 155

39. Einfachreihenbildner. Das zur Zeit rationellste Verfahren zur Aufnahme ıes größeren zusammenhängenden Gebietes besteht in der Verwendung von ngefähr) vertikal gerichteten (Einzel-) Kammern bei paralleler Anordnung ›r Flugbahnen Derart gewonnene Aufnahmen (Normalreihen) ergeben den ›stmöglichen Einblick ins Gelande, lassen sich bequem und rasch orientieren, reckenweise sogar ohne Festpunkte auf der Erde (s S 193), ermoglichen eine ›angfreie und kontinuierliche stereoskopische Auswertung, sind auch bei ›wegterem Gelande dem „Entzerrungsverfahren" zugänglich und gestatten ıe zuverlassige Vorausberechnung der Kosten der Kartenherstellung Diesen ›rteilen gegenuber fallt der Nachteil ›nig ins Gewicht, der in der größeren ıhl der erforderlichen Aufnahmen ›steht Voraussetzung zu deren einındfreien Ausführung ist allerdings e Benutzung einer automatischen ammer, eines Reihenbildners, bei m Verschlußspannung, Verschlußıslosung und Transport des Emul›nstragers zwanglaufig verbunden ıd von einem gemeinsamen Antrieb ›tätigt werden, dessen Geschwingkeit entsprechend dem vorgehriebenen Prozentsatz der Über›ckung der aufeinanderfolgenden ufnahmen regulierbar ist Die Beenung einer solchen Kammer beoht im wesentlichen in der Betigung eines Geschwindigkeitsglers entsprechend den Angaben nes „Überdeckungsreglers" (S 237), daß also automatisch gewonnene ormalreihen auch in aufnahmetechnischer Beziehung hinsichtlich ihrer Einchheit an der Spitze stehen

Abb 185 Einfachreihenbildner C/3 der Fa C Zeiss in Jena in Aufhängevorrichtung

Von den zahlreichen Konstruktionen von Reihenbildnern fur Luftaufnahen[2] kommen fur Meßzwecke im allgemeinen selbstverstandlich nur die wenigen Frage, bei denen ein Zentralverschluß (S 111) und exakte Bildmarken erwendung finden [3]

a) Einfachreihenbildner von Carl Zeiss in Jena[4] Die Kammer ıbb 185) ergibt Filmaufnahmen im Format 18 18 cm, sie ist wie die oben ›schriebene Zeisssche Handmeßkammer, ausgerustet mit einem Meßflieger-

[1] Doppelkammern werden für ein besonderes Triangulationsverfahren bisweilen ıch so in das Flugzeug eingebaut, daß die Ebene ihrer Objektivachsen in der Flugıhtung liegt Vgl Koppelreihen S 198

[2] In Deutschland wurden die ersten derartigen Reihenbildner von O Messter Berlin gebaut

[3] Ohne solche Marken bzw mit Schlitzverschluß ausgerüstet sind z B die Filmiheubildner der Fairchild Aerial Co, New York, und die Film bzw Plattenihenbildner der Williamson Manufacturing Co (Vickers Ltd), London, der ttico Meccanica Italiana (Nistri), Rom, und der Etablissements Aera, Paris

[4] F Schneider, Bildmess u Luftbildwes 1, 1926, S 29

Objektiv 1 : 4,5 von 21 cm Brennweite und einem in vier Stufen regelb
Zentralverschluß von sehr günstigem Wirkungsgrad. Dem Objektiv ko
durch Drehen eines Knopfes wahlweise zwei verschieden dichte Gelbfilter
geschaltet werden. Auch diese Kammer besitzt optisch erzeugte Bildma
in der oben beschriebenen Anordnung. Die zweckmäßig gelagerte Aufh
vorrichtung entspricht im wesentlichen der Aufhängevorrichtung der ZEISS
Handkammer. Zur exakten Kompensierung der Abtrift durch entsprech
Drehung der Kammer um ihre optische Achse ist seitlich und abnehmba
Bildsucher in Form eines Fernrohres mit großem objektivem Gesichtsfeld
bracht. Die Kammer ist so zu drehen, daß die Zugrichtung der im Fernroh
sehenen Landschaft mit der Richtung eines im Bildfeld parallel zu einer

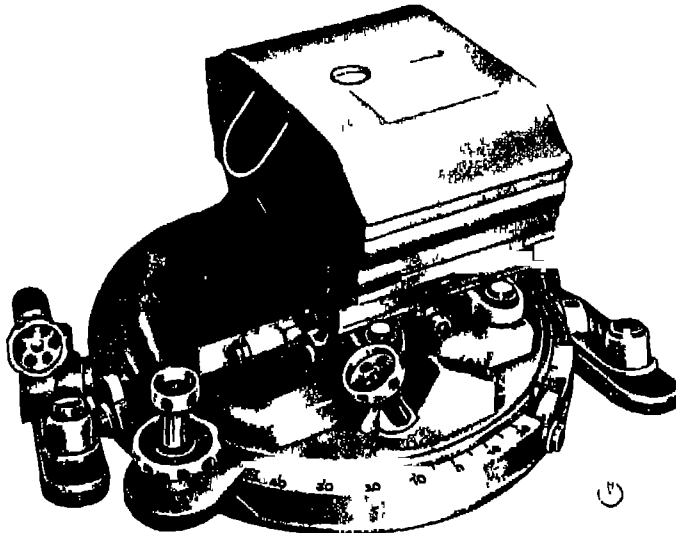



Abb. 186. Einfachreihenbildner nach R. HUGERSHOFF mit Mattscheibenüberdeckungsre Aufhängevorrichtung (AEROTOPOGRAPH G. m. b. H. in Dresden).

feldseite fest angebrachten Fadens zusammenfällt. Das Fernrohr ist gleic
als Überdeckungsregler (S. 237) ausgebildet.

Die Planlegung des Filmes erfolgt durch Staudruck, die diesbezüglich
richtung ist auf S. 125 beschrieben. Über die Art des Filmtransportes vgl. S
Die Kassette wird mit einem Filmstreifen von 55 m Länge und 19 cm
geladen, er reicht für etwa 290 Aufnahmen aus. Auf jeder derselben bildet sich
der Blase einer Dosenlibelle eine fortlaufende Nummernfolge ab, die Trenn
linien zwischen den Einzelaufnahmen werden fühlbar markiert. Auf der Ka
ist eine weitere Dosenlibelle angebracht, besondere Zählwerke zeigen die
der gemachten Aufnahmen bzw. die Länge des noch zu belichtenden
bandes an.

Der Antrieb des gesamten Mechanismus erfolgt durch einen an der
wand angebrachten Propeller, dessen Umlaufzahl unter Beobachtun
Überdeckungsreglers durch Verwindung der Propellerflügel geregelt
Der mechanische Antrieb kann ausgeschaltet und durch Handantrie
setzt werden.

Das Gewicht der Kammer beträgt mit allem Zubehör einschließlich
geladenen Wechselkassette 35 kg.

b) Einfachreihenbildner nach R Hugershoff[1] Das in Abb 186 gestellte automatische Aufnahmegerat wird von G Heyde in Dresden in Ausfuhrungsformen gebaut, die sich nur durch die Objektivbrennweite die Große des quadratischen Bildformates unterscheiden Der Normaltyp itzt ein Objektiv von 13,5 cm Brennweite bei einem Bildformat von 12 12 cm beiden anderen Modelle haben die Bildformate 18 18 cm ($f = 21$ cm), 6 . 6 cm ($f = 6$ cm), bei letzterem Format wird der dem Quadrat einohriebene Kreis voll ausgenutzt (vgl S 110) Als Objektive werden bei allen Modellen im allgemeinen Tessare 1 4,5 mit stabilem Zentralverschluß verdet Die Ablaufdauer des Verschlusses kann durch Hebeleinstellung zwischen Grenzen $^1/_{60}$ und $^1/_{200}$ Sekunde kontinuierlich geregelt werden Ebenfalls durch beleinstellung werden dem Objektiv wahlweise zwei verschieden dichte Gelb-

bb 187 Einfachreihenbildner nach R Hugershoff, Einbau im Flugzeug (Junkers W 33)

r oder eine einfache Planparallelplatte vorgeschaltet Die Bildmarken einließlich einer Marke fur den Kammerhauptpunkt haben die gleiche Anordnung Form wie an der entsprechenden Handkammer (S 144) kleine Kreise mit ikt, auf einer fest in der Bildebene der Kammer angebrachten planparallelen ascheibe, gegen welche der Film kurz vor der Belichtung auf mechanischem ge gepreßt wird Einzelheiten uber den Filmtransport s S 122 und S 123, r die Planlegung des Films s S 125 Die zum bequemen Einlegen des nstreifens in drei Teile zerlegbare Kassette faßt beim Normaltyp 60 m Filmd von 12 cm Breite, entsprechend etwa 400 Einzelaufnahmen Auf ihnen let sich eine Dosenlibelle ab, deren Schliffradius gleich der Objektivbrennte ist, so daß sich aus der Blaseinstellung unmittelbar die ungefahre Lage Nadirpunktes ergibt Im Deckel der Kassette ist neben einer weiteren Dosenlle ein mit einem Handgriff auf Null einstellbares Zahlwerk fur die Anzahl bereits aufgenommenen Bilder untergebracht Die Kammer ist in zwei danringen federnd gelagert Die Cardanringe sind mit Griffscheiben gegen-

[1] R Hugershoff Bildmess u Luftbildwes 4, 1929 S 24

seitig einstellbar Die Aufhangevorrichtung kann im äußeren Cardanring um eine vertikale Achse zur Kompensation der Abtrift gedreht werden Letztere wird in einem seitlich an der Kammer angebrachten Mattscheibensucher fest gestellt, dessen Bildfeld gleich dem der Kammer ist, das Objektiv des Suchers hat ein Öffnungsverhältnis von 1 3,1 Der Mattscheibensucher enthält einen neuartigen Überdeckungsregler, der auf S 237 beschrieben ist Der Antrieb des Reihenbildners bzw des Überdeckungsreglers erfolgt im allgemeinen direk durch einen Propeller mit beliebig einstellbarer Flügelverwindung (S 242), das Gerät kann aber auch durch irgendeinen anderen Motor angetrieben werden (vgl Abb 187) Durch einfachen Druck auf einen Umschalthebel können Ein zelaufnahmen ausgeführt werden, bei denen der Motor Filmtransport, Ver schlußspannung und Planlegung vornimmt, die Auslösung erfolgt dann im gegebenen Augenblick durch einen Handgriff Nach Leerlaufstellung oder Ab schaltung des Motors können Reihen- oder Einzelaufnahmen auch durch Drehung einer Kurbel von Hand ausgeführt werden

Die Ausmaße des Normaltyps sind sehr gering 30 25 33 cm Der Durch messer des äußeren Cardanringes ist 38 cm, die Höhe des Kassettendeckels ube dem Grundring 25 cm Die gesamte Einrichtung wiegt etwa 28 kg

c) Cylindrograph-Reihenbildner nach H Boykow Das 192[illegible] unter dem Namen „Panorama-Reihenbildkammer" erstmalig gezeigte Gerat[1] is im Prinzip eine Zylinderkammer von der durch Moessard bekannt gewordenen und durch Bagley einer umfangreichen terrestrischen Verwendung zugeführten Bauart (S 136) Das Objektiv der Kammer ist demnach um eine durch seinen hinteren Hauptpunkt gehende Achse mitsamt einem Lichtschacht mit Schlit verschwenkbar Im Gegensatz zu den terrestrischen Kammern wird aber hie die Schwenkachse wagrecht gelagert Da sie im übrigen in der Flugrichtung liegt wird bei einem Arbeitsgang ein Streifen winkelrecht zur Flugrichtung aufge nommen, der theoretisch vom linken Horizont zum rechten Horizont reicht Für die fortlaufende Aufnahme solcher Streifen sind Abtriftmesser und Über deckungsregler vorgesehen Konstruktiv unterscheidet sich die Boykowsch Kammer von den erwähnten anderen Geraten dadurch, daß die Filmrollen nich fest angeordnet, sondern mit dem schwenkbaren Lichtschacht verbunden sind Infolgedessen darf hier der Film während der Aufnahme nicht ruhen, sonder muß sich kontinuierlich gegen den Lichtschlitz, entgegengesetzt zu dessen Ver schwenkungsrichtung, mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Lichtschlit verschieben Der Effekt ist der gleiche, wie wenn der Film in Ruhe und auf eine zylindrischen Fläche angebracht wäre Die perspektive Richtigkeit des Bild wird durch die gewollte und die zufällige Bewegung des Luftfahrzeuges natu lich gemindert, die Fehler lassen sich aber in erträglichen Grenzen halten durc Verkürzung der Umlaufzeit des Objektivs und seiner Brennweite, die bei de Boykowschen Konstruktion mit 21 cm etwas zu groß erscheint

Auf die bei Weitwinkelaufnahmen ganz allgemein geringe Einsicht in Boden falten usw wurde auf S 150 hingewiesen Hinsichtlich ihrer unmittelbare Anschaulichkeit sind aber solche Streifenaufnahmen für Übersichtszwecke de Aufnahmen mit Mehrfachkammern vorzuziehen Auch hinsichtlich der Au messung, falls eine solche in Frage kommt, bieten die Streifenpanoramen Vorteil die mäßige Konvergenz der bestimmenden Zielstrahlen gestattet eine b queme und kontinuierliche stereoskopische Ausmessung, die gegebenenfalls i Aerokartographen und besonders im Aerosymplex ohne weiteres vorgenomme werden konnte

Das komplette erste Modell des Gerätes hat das ziemlich hohe Gewicht von 79k

[1] Internat Luftfahrtausstellung in Berlin

40 Mehrfachreihenbildner. a) Zweifachreihenbildner von CARL
ISS in Jena Das Gerat besteht (Abb 188) aus einer starren Verbindung
ier Einfachreihenbildner der auf S 152 beschriebenen Art Die Kammer
d so in das Flugzeug eingebaut, daß die (im allgemeinen vertikal gestellte)
ene durch die beiden Objektivachsen winkelrecht zur Flugrichtung liegt
s Bildfeld umfaßt in der Flugrichtung 44° und in der Achsebene 84°, da die
den Kammerachsen je 20° gegen die Vertikale geneigt sind Infolge dieser
igung sind die Aufnahmen dem Entzerrungsverfahren nur in vollig flachem
lande zuganglich (S 22) Die Überdeckung der in der Flugrichtung auf-
anderfolgenden Bilder kann bei Benutzung der beim Einfachreihenbildner
chriebenen Einrichtung beliebig geregelt werden

Die Aufhangevorrichtung ist so gebaut, daß durch Betatigung eines Hand-
bels die Ebene durch die Objektivachsen aus der normalen vertikalen Lage

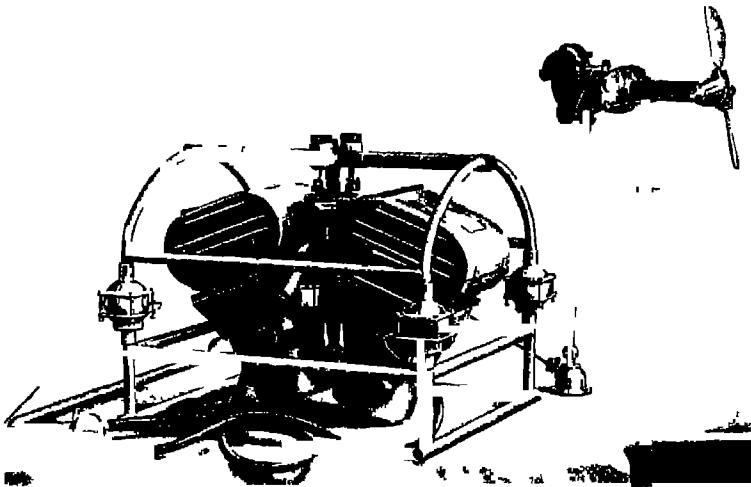



Abb 188 Zweifachreihenbildner der Fa CARL ZEISS in Jena in Aufhängevorrichtung

20° in oder gegen die Flugrichtung geneigt werden kann Auf diese Weise
t sich bei Kombination von senkrecht und schräg aufgenommenen Doppel-
lern eine paarweise Überdeckung innerhalb der Bildstreifen von 100% mit
em Verhaltnis der Basis zur Flughohe von etwa 1 3 erzielen Die Anwendung
ser Aufnahmemethode durfte infolge ihrer in das Aufnahmeverfahren gebrach-
Komplikation nicht immer ratsam erscheinen

Wird der Einbau der Kammer ins Flugzeug so vorgenommen, daß die Ebene
ch die Objektivachsen mit der Vertikalebene durch die Flugrichtung zu
amenfallt, so kann die Kammer fur ein besonderes Triangulationsverfahren
rwendung finden, vgl Koppelreihen S 199

Das Gewicht des kompletten Gerates betragt etwa 60 kg

b) Dreifachreihenbildner von E LABRÈLY in Paris[1] Das in

[1] Ein Dreifachreihenbildner besonderer Art wurde von H BOYKOW angegeben
besteht aus einer festen Verbindung von zwei Plattenreihenbildnern und einem
mreihenbildner Da die Kammer speziell für ein besonderes, noch nicht erprobtes
fnahmeverfahren, bei dem gleichzeitig zwei Flugzeuge Verwendung finden sollen
S 194), bestimmt ist, so sei hier auf H LANCHORI, Bildmess u Luftbildwes 1,
,6, S 32 verwiesen

Abb 189 im Schnitt dargestellte Gerät besteht aus zwei seitlichen Kammer mit dem Bildformat 16,5 16,5 cm (Objektive 1 5,7, $f = 30$ cm) und eine Mittelkammer vom Bildformat 15,5 16,5 cm mit einem Objektiv 1 5,7, $f = 26$ cm Außer durch diese fi eine wirtschaftliche Vei arbeitung der Aufnahme wenig zweckmäßige Vei schiedenheit der Einze kammern unterscheide sich die Konstruktion vo den oben beschriebene durch die Art der Plai legung des Filmes er wir durch Einpressen in Nute am Rande des Bildfeld gespannt Die durch ihre großen Wirkungsgrad au gezeichneten Verschluss sind auf S 113 beschri ben Die an der vorliege den Konstruktion fehle den Bildmarken ließe sich leicht anbringe

Abb 189 Dreifachreihenbildner nach L Labrély, Konstruktionsschema

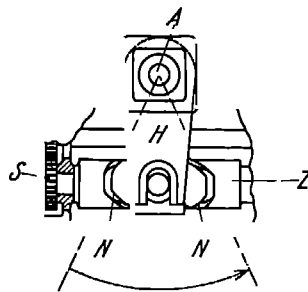
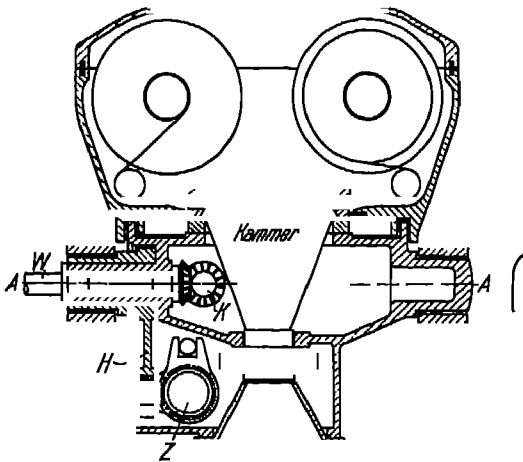



Abb 190 Triplex-Reihenbildner nach R Hugershoff, Konstruktionsschema (Aerotopograph G m b H in Dresden)

Über den Filmtransport ist Naheres nicht bekannt geworden Das 60 lange Filmband liefert etwa 100 Dreifachaufnahmen, die winkelrecht zu Flugrichtung, bzw in derselben ein Bildfeld von 76° bzw etwa 30° umfasse

Das Gewicht der Kammer allein betragt etwa 35 kg

c) Triplex-Reihenbildner nach R Hugershoff Die aus aufnahm technischen Grunden erwunschte moglichst große Breite des bei einem Flug aufgenommenen Gelandestreifens findet, wie oben ausgefuhrt wurde, ihre Gren

en Auswertemöglichkeiten der voll ausnutzbare Bildfeldwinkel des Streifens l 65° im allgemeinen nicht überschreiten Da nun schon das Bildfeld eines achen Reihenbildners durchschnittlich 44° bis 48° umfaßt, so erscheint die wendung von starren Kombinationen aus zwei und drei Einzelkammern mit ksicht auf ihren Umfang, ihr Gewicht, die Kompliziertheit ihres Antriebes der Prufung der gegenseitigen Kammerlage wenig zweckmaßig Deshalb R HUGERSHOFF einen Einkammer-Dreifachreihenbildner konstruiert, der einer Verbindung seines Einfachreihenbildners (S 153) mit einer automatien Schwenkeinrichtung besteht, die in einer zur Flugrichtung winkelrechten tikalebene wirksam ist Dementsprechend stellt dieser Reihenbildner Gruppen e drei Einzelaufnahmen her, die rasch aufeinanderfolgen, die einander entchenden Einzelaufnahmen der Folgegruppen uberdecken sich zu 60% Es ben sich also ein zentraler und zwei seitliche Bildstreifen, die einander parallel und deren Ausarbeitung getrennt erfolgt, die gegenseitige Orientierung der zelbilder dieser Streifen geschieht auf optisch-mechanischem Wege (paarie Bildorientierung, S 184, bzw Aerotriangulation in Normalreihen, S 200) Konstruktion der Schwenkeinrichtung, die zunachst bei dem kleinen Reihenner 6 6 cm, $f = 6$ cm, Verwendung findet, ist schematisch in Abb 190 dargelt Die in der Schwenkachse A des Reihenbildners liegende Antriebswelle W begt uber das Kegelradgetriebe K den Mechanismus des eigentlichen Reihenners und uber das Stirnradgetriebe S einen mit einer Transportnut N versehenen nder Z In dieser Nut wird ein Stift geführt, der bei einer Rotation des Zylin- i eine hin- und hergehende Bewegung ausfuhrt, die sich mittels des Hebels H das Kammergehäuse ubertragt In der Anfangsstellung ist die Kammer n links verschwenkt, wahrend der Schwenkung der Kammer nach rechts lgen kurz hintereinander die Aufnahmen 1, 2 und 3 Der automatische Rücksport der Kammer in die Anfangslage geschieht in der Arbeitspause bis zur hsten Dreifachgruppe Durch die auch für Zweifachaufnahmen einrichtbare wenkeinrichtung wird das Gewicht des Reihenbildners um 3 kg erhöht

D. Meßkammerkonstanten und ihre Bestimmung

41. Beziehungen zwischen innerer Orientierung der Bilder und Kammerstanten Öffnungswinkel. Fur die Rekonstruktion der Meßbilder ist, wie igt wurde, die Kenntnis ihrer „inneren Orientierung", d h ihre Lage zum nmerobjektiv im Augenblick der Aufnahme, im allgemeinen unerlaßlich

Fur diese Lagebestimmung verwendet man gewöhnlich (vgl S 9) den ldhauptpunkt' und die „Bildweite"

Der Bildhauptpunkt wird definiert als Fußpunkt des vom hinteren ektivhauptpunkt O_2 auf die Bildebene gefallten Lotes, er soll auf jeder elnen Aufnahme durch den Schnittpunkt der (idealen) Verbindungslinien vier „Bildmarken" angegeben werden, die durch geeignete, in der Kammer ebrachte Markentrager (vgl oben S 104) erzeugt wurden, und die im allgenen so justiert sind, daß die Verbindungslinien der von ihnen in der Ebene des drahmens R erzeugten Bildmarken den Fußpunkt des vom hinteren Objekiauptpunkt auf die Rahmenebene gefallten Lotes ergeben Dieser „Kammerptpunkt' entspricht aber selbstverstandlich nur dann jenem oben definierten dhauptpunkt, wenn die Bildebene B im Augenblick der Aufnahme am Bildmen allseitig anlag oder mindestens ihm parallel war Fur dieses Anliegen , es — wenigstens bei Verwendung von Glasplatten in Wechselkassetten — ierlei Sicherheit[1] Infolgedessen kann der Schnittpunkt der Bildmarkenlinien

[1] F NOWATZKY, Jahresber d Reichsamts f Landesaufnahme 1920/21, Berlin 1922

(vgl Abb 191) im allgemeinen nur als Perspektive des Kammerhaup punktes, nicht aber als Bildhauptpunkt angesprochen werden

Die Bildweite wird definiert als die Lange des vom hinteren Objektiv hauptpunkt auf die Bildebene gefallten Lotes Bezuglich dieser Bildweite wu in den zahlreichen Abhandlungen[1] uber die Bestimmung der inneren Orientierun fast stets vorausgesetzt, daß sie konstant sei Diese Voraussetzung ist ab unzutreffend, die Bildweite ist wegen der Abhangigkeit des Kammerkörpers vo der Temperatur nicht einmal konstant fur die Rahmenebene Der Abstand d Bildebene aber wird außerdem beeinflußt durch die schon erwahnte Unsicherhe der Anpressung der Platten gegen den Bildrahmen Überdies ist zu beachte daß bei Verwendung von Filmen nach deren Entwicklung, Fixierung und Troc nung eine allgemeine Maßstabsänderung des Bildes eintritt, die praktisch ebe falls einer Bildweitenänderung gleichkommt

Es ergibt sich also, daß die bisher als „Konstanten der inneren Orientierun bezeichneten Größen Bildhauptpunkt und Bildweite für beliebige Aufnahm mit derselben Kammer nicht konstant und darum im allgemeinen und vorbeha los weder für die innere Orientierung des Bildrahmens und damit der Meßkamm

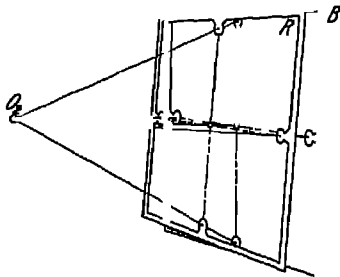



Abb 191 Bildrahmen und Bildebene

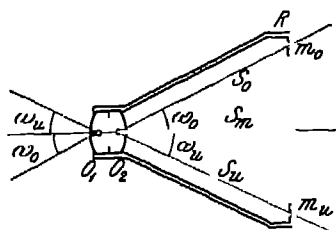



Abb 192 Öffnungswinkel als Kammerkonstant

noch für die innere Orientierung der Meßbilder selbst charakteristisch sind] Unzweckmaßigkeit der Verwendung der Bildweite oder gar der Brennweite Objektivs ergibt sich auch aus den Ausführungen F Weiderts[2]

An Stelle von Bildhauptpunkt und Bildweite wurden deshalb von R H gershoff bereits 1922 die vier Winkel ω („Öffnungswinkel") eingefuhrt, wel (vgl den schematischen Vertikalschnitt durch eine Kammer in Abb 192) vier Bildstrahlen S vom hinteren Objektivhauptpunkt O_2 nach den im Bildrahn liegenden lochförmigen Marken m mit der Richtung S_m nach dem Schnittpu ihrer Verbindunglinien[3] einschließen Da diese Winkel durch Temperaturander gen des Kammerkörpers praktisch nicht verandert werden (Abb 193), so s sie wirkliche „Konstanten" einer Meßkammer, da ferner die Strahlen S ni nur den Rahmenmarken, sondern auch den Abbildungen derselben, den B marken, und zwar bei jeder beliebigen Lage der Bildebene zur Rahmeneb (Abb 191), entsprechen, sind diese Öffnungswinkel zugleich auch die „Konst ten" der inneren Orientierung der Meßbilder Die einer beliebigen Aufnal mit einer bestimmten Meßkammer zukommende innere Bildorientierung l sich jetzt einfach — unabhängig von thermischen und mechanischen Vorgange

[1] Vgl S 162, Fußnote 2

[2] F Weidert, Die Eigensch d photogr Objektivs mit Rücksicht auf seine wendung zur Bildmessung, Vorträge usw, Berlin 1927 Auch Phot Korr 68 1928, S

[3] Dieser Schnittpunkt braucht theoretisch nicht identisch zu sein mit Kammerhauptpunkt

ımer und Kassetten und unabhängig von Maßstabsanderungen des Aufnahme-ırıals im Bildträger des Auswertegerätes — dadurch wiederherstellen, daß man Abstand und die Neigung des Meßbildes gegenuber dem Bildtragerobjektiv ndert, daß die Winkel zwischen den Bildmarken und dem Schnittpunkt Verbindungslinien gleich den entsprechenden Öffnungswinkeln der Meß-mer werden Die hierzu notwendigen Einrichtungen (vgl S 46 und S 162) ızen in aller Vollstandigkeit zur Zeit nur der Autokartograph und der Aero-ograph Die ubrigen Auswertegeräte setzen vollige Gleichartigkeit und stanz der inneren Orientierung der Meßkammer, aller mit ihr hergestellten er und der zur Auswertung benutzten Bildträger voraus [1]

Zur Einstellung der Öffnungswinkel werden Horizontal- und Vertikalkreis Einstellvorrichtungen am Auswertegerat (Abb 119) benutzt, sind die Rahmen-ken so justiert, daß ihre Verbindungslinien winkelrecht aufeinanderstehen, nd bei vertikaler Lage des Meßbildes und horizontaler Lage einer der Marken-n die Öffnungswinkel einfach Horizontal- bzw Vertikalwinkel chen dem Schnittpunkt der kenverbindungslinien und der in und rechten, bzw oberen und ren Bildmarke Da die Wieder-tellung der inneren Orientierung besten bei derjenigen (ungefäh-Verkantung der Aufnahmen er-, die ihrer außeren Orientierung pricht, sind die Marken in der e der Rahmenseiten, nicht in den ın, anzubringen Die Erzeugung Bildmarken durch Linsen (vgl ı S 104) ist wenig gunstig, da der-ge Einrichtungen die exakte Be-mung der Öffnungswinkel durch kte Messungen an der Kam-(vgl S 163) nicht gestatten

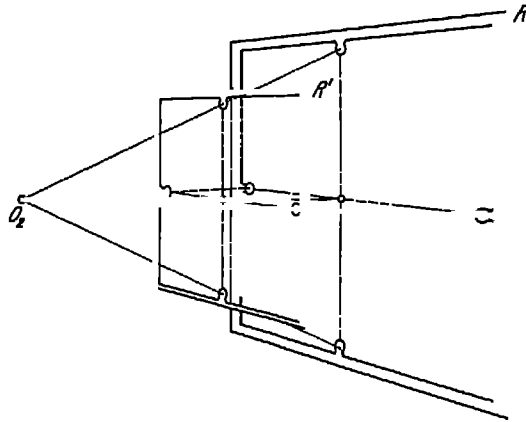



Abb 103 Temperatureinfluß und Meßkammer-konstanten

42. Photographische Bestimmung des Kammerhauptpunktes und der (zu-gen) Bildweite der Rahmenebene; Ableitung der Öffnungswinkel aus diesen ten Trotz der geschilderten Unzulanglichkeit von Bildhauptpunkt und weite als Orientierungselemente ist ihre Verwendung nicht zu umgehen Geraten, die, wie z B der Stereokomparator und der Stereoautograph, Rekonstruktion mit Hilfe der Bildpunktkoordinaten vornehmen [2] Es mussen alb im nachstehenden die Grundlagen für die Ermittlung dieser Werte ge-n werden

---

[1] Die an einigen Auswertegeräten vorhandene Einrichtung zur Änderung der weite ermöglicht nur die Verwendung von Aufnahmen mit verschiedenen kammern, deren „Bildweite“ aber wieder als konstant vorausgesetzt wird

[2] Hierin liegt ein besonderer Nachteil dieser ja auch von den Verzeichnungs-ırn des Aufnahmeobjektivs in stärkerem Maße abhangigen Instrumente Wenn Nachteile seltener in Erscheinung treten, so liegt dies zum Teil daran, daß bei stıischen Aufnahmen, für die jene Gerate ausschließlich bestimmt sind, die endeten einfachen Kassetten oder Doppelkassetten eine größere Sicherheit der ressung an den Bildrahmen geben und die Temperaturverhältnisse bei Prüfung Gebrauch der Kammern nicht allzu verschieden sind Im übrigen vgl die Arbeit NOWATZKY

Photographiert man bei genau vertikaler Stellung des Bildrahmens u horizontaler Lage einer der Markenverbindungslinien (mindestens) drei marka Geländepunkte $P_1 P_2 P_3$, zwischen denen vom gleichen Standpunkt (Objekt mitte) aus die Horizontalwinkel α und β gemessen wurden, so ist durch di Winkel ein Strahlenbuschel gegeben, das durch Bildweite und Bildabszis ebenfalls festgelegt ist Graphisch kann man die Bestimmung des Bildhau punktes in der Weise vornehmen, daß man die Bildpunkte auf die horizont als Bildhorizont angenommene Markenlinie projiziert und diese drei Projekt nen 1, 2 und 3 der Bildpunkte auf einen Papierstreifen (Abb 194) übertra Zeichnet man jetzt die drei beobachteten Strahlen — durch Auftragen beiden Winkel α und β — und verschiebt den Papierstreifen so lange, bis drei Strahlen durch die ihnen entsprechenden Marken auf dem Streifen geh so entspricht offenbar der Fußpunkt des vom Winkelscheitel O auf die Streif kante gefallten Lotes der Horizontalprojektion des Bildhauptpunktes H damit auch des Kammerhauptpunktes, wenn die Platte streng am Mark

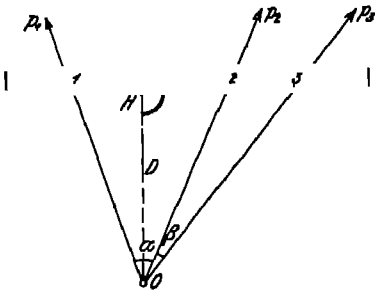



Abb 194 Graphische Ermittlung der (zufälligen) Bildweite

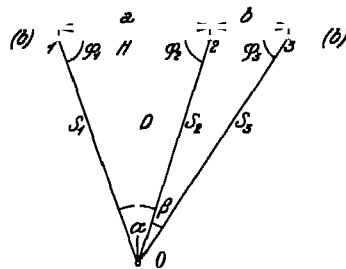



Abb 195 Rechnerische Ermittlung der (zufälligen) Bildweite

rahmen anlag Die Lange des Lotes entspricht der (zufalligen) Bildweite D Prüfaufnahme, bzw des Bildrahmens Übertragt man den Lotfußpunkt, e mit Hilfe der Strecke $1\,H$, in das Photogramm, so wird die Hauptpunktsprojekt im allgemeinen eine seitliche Abweichung x_H von der vv-Linie zeigen, die zw mäßig durch eine entsprechende Verschiebung der vv-Marken zu beseitigen Zur Ermittlung der Abweichung y_H des Hauptpunktes gegenuber der hh-L kann man eine zweite Prüfaufnahme machen, nachdem man die Kammer um gedreht hat, so daß jetzt die vv-Linie genau wagrecht wird[1] Man kann aber auch aus der gleichen Aufnahme ableiten, wenn man (mindestens) einen Höhenwinkel τ nach den photographierten Objektpunkten gemessen hat ergibt sich z B aus τ_2 und der Strecke $\overline{O\,2}$ die Ordinate y_2 uber dem Bildhorizon

$$y_2 = \overline{O\,2} \;\; \mathrm{tg}\, \tau_2$$

und — mit y'_2 als Ordinate des Bildpunktes p_2 uber der hh Linie —

$$y_H = y'_2 - y_2$$

Auch hier wird man zweckmaßig die hh Linie entsprechend verschieben daß jetzt der Hauptpunkt mit dem Schnittpunkt der Markenlinien zusammenf

Genauer gestaltet sich selbstverstandlich die rechnerische Bestimm von H und D, die hier[2] in Anlehnung an die in der Vermessungskunde ubl Art des ebenen Rückwartseinschneidens durchgefuhrt werden soll

[1] R Hugershoff und H Cranz, Grundlagen usw, S 14

[2] Über andere Berechnungsmethoden vgl die früher genannten alteren L bücher d Photogrammetrie

Wir bezeichnen (Abb 195) mit $(b)(b)$ die Spur der (positiven) Bildebene Grundriß, mit O den entsprechenden Objektivhauptpunkt und mit 1, 2 und 3 Projektionen der drei Bildpunkte $p_1 p_2 p_3$ auf die (hier mit $(b)(b)$ zusammen-nde) hh-Linie, so daß $S_1 S_2 S_3$ die Horizontalprojektionen der Bildstrahlen , zwischen denen die Winkel α und β gemessen wurden

Aus der Figur ergibt sich fur S_2

$$S_2 = \frac{a}{\sin\alpha} \quad \sin\varphi_1 \tag{a}$$

auch

$$S_2 = \frac{b}{\sin\beta} \quad \sin\varphi_3 \tag{b}$$

aus folgt

$$\frac{\sin\varphi_1}{\sin\varphi_3} = \frac{b}{\sin\beta} \quad \frac{a}{\sin\alpha} \tag{c}$$

Dieser Quotient laßt sich berechnen, da sich ja auch die Strecken a und b ch direkte Abmessungen dem Photogramm entnehmen lassen

Setzen wir

$$\frac{b}{\sin\beta} \quad \frac{a}{\sin\alpha} = \frac{1}{\operatorname{tg}\lambda}, \tag{d}$$

rgibt sich aus (c) und (d) durch korrespondierende Subtraktion und Addition

$$\frac{\sin\varphi_1 - \sin\varphi_3}{\sin\varphi_1 + \sin\varphi_3} = \frac{1 - \operatorname{tg}\lambda}{1 + \operatorname{tg}\lambda} = \operatorname{ctg}(45^0 + \lambda) \tag{e}$$

nun

$$\sin\varphi_1 - \sin\varphi_3 = 2\sin\frac{\varphi_1 - \varphi_3}{2} \quad \cos\frac{\varphi_1 + \varphi_3}{2}$$

$$\sin\varphi_1 + \sin\varphi_3 = 2\cos\frac{\varphi_1 - \varphi_3}{2} \quad \sin\frac{\varphi_1 + \varphi_3}{2},$$

olgt durch Einsetzen dieser Werte in Gleichung (e)

$$\operatorname{tg}\frac{\varphi_1 - \varphi_3}{2} = \operatorname{tg}\frac{\varphi_1 + \varphi_3}{2}\operatorname{ctg}(45^0 + \lambda) \tag{f}$$

nun (s Abb 195)

$$\varphi_1 + \varphi_3 = 180^0 - (\alpha + \beta) \tag{g}$$

olgt aus (f)

$$\operatorname{tg}\frac{\varphi_1 - \varphi_3}{2} = \operatorname{ctg}\frac{\alpha + \beta}{2} \quad \operatorname{ctg}(45^0 + \lambda) \tag{h}$$

Aus dieser Gleichung berechnet man in Verbindung mit Gleichung (d) Differenz $\varphi_1 - \varphi_3$, womit sich in Verbindung mit (g) sowohl φ_1 und φ_3 als — aus dem Dreieck $1\,O\,2$ — φ_2 ergeben

Damit berechnet man

$$\left.\begin{aligned} S_1 &= \frac{a}{\sin\alpha} \quad \sin\varphi_2 \\ S_2 &= \frac{a}{\sin\alpha} \quad \sin\varphi_1 = \frac{b}{\sin\beta} \quad \sin\varphi_3 \\ S_3 &= \frac{b}{\sin\beta} \quad \sin\varphi_2 \end{aligned}\right\} \tag{i}$$

findet so die Abszissen $X_1 X_2 X_3$ der drei Bildpunkte in bezug auf H aus Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} X_1 &= S_1 \quad \cos\varphi_1 \\ X_2 &= S_2 \quad \cos\varphi_2 \\ X_3 &= S_3 \quad \cos\varphi_3 \end{aligned}\right\} \tag{k}$$

Sind die vom Schnittpunkt der Markenlinien aus gemessenen Abszis $X_1' X_2' X_3'$, so findet man als Hauptpunktsabszisse in bezug auf den Schn punkt der Markenlinien

$$\left.\begin{aligned} X_H &= X_1' - X_1 \\ &= X_2' - X_2 \\ &= X_3' - X_3 \end{aligned}\right\}$$

deren Mittelwert die erforderliche Verschiebung der *vv* Linie angibt An H der Abb 195 läßt sich ferner berechnen

$$\left.\begin{aligned} D &= S_1 \quad \sin\varphi_1 \\ &= S_2 \quad \sin\varphi_2 \\ &= S_3 \quad \sin\varphi_3 \end{aligned}\right\}$$

Das Mittel aus diesen Ergebnissen ist die (zufallige) Bildweite der Prufaufnahn bzw unter der ublichen Voraussetzung[1] die Bildweite des Markenrahmen

Über die „exakte“ Bestimmung von Hauptpunktlage und Bildweite b Vorhandensein von mehr als drei bekannten Richtungen gibt es zahlre Sonderabhandlungen,[2] deren praktische Bedeutung mit Rucksicht darauf, sich die Ergebnisse nur auf die jeweilige Prüfaufnahme beziehen, nur gering

Mit der eben erhaltenen Bildweite D und den im Komparator zu messen Abständen s der vier Bildmarken vom Schnittpunkt der Markenverbindu linien lassen sich die vier Öffnungswinkel ω aus den Beziehungen berech

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tg}\omega_l &= s_l \quad D \\ \operatorname{tg}\omega_r &= s_r \quad D \\ \operatorname{tg}\omega_o &= s_o \quad D \\ \operatorname{tg}\omega_u &= s_u \quad D \end{aligned}\right\}$$

43. Direkte Bestimmung der Öffnungswinkel nach Prüfaufnahmen Messungen an der Kammer Unabhangig von der Voraussetzung des Anlie der Prüfaufnahme findet man aus einer solchen die Öffnungswinkel bei Ver dung des Hugershoffschen Bildmeßtheodolits oder eines der Bildträger Autokartographen oder Aerokartographen

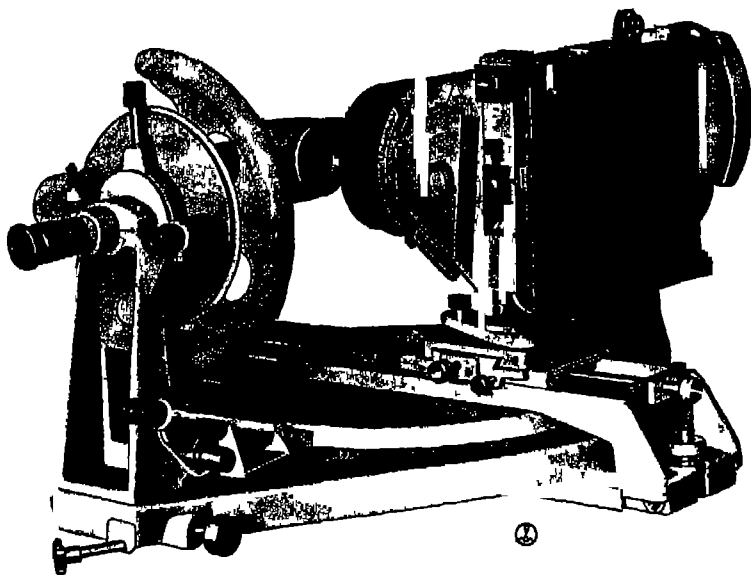
Hierzu photographiert man zweckmäßig bei vertikaler Lage der Rahmenc und horizontaler Lage einer der Markenlinien (mindestens) drei moglichst das gesamte Bildfeld der Aufnahme verteilte Objektpunkte, nach denen horizontalen und vertikalen Richtungen gemessen wurden Hiernach wir Aufnahme in den Bildtrager[3] eines der genannten Instrumente eingelegt optische Achse des Bildträgers wagerecht gestellt und das Bild der horizon Markenlinie mit Hilfe des Beobachtungsfernrohres und der Verkantungsein tung horizontal ausgerichtet Nun gelingt es leicht, durch systematische B gung der Einrichtungen für Bildweitenänderung, Verschiebung der Platt

[1] Die Voraussetzung des Anliegens war erfüllt, wenn die inneren Maße des rahmens der Kammer mit den entsprechenden Maßen an der Prüfaufnahme übe stimmen Derartige Kontrollen sollten an allen Gebrauchsaufnahmen vorgenom werden, die für die Ausmessung im einfachen oder im Stereokomparator best sind

[2] Vgl die Zusammenstellung in Hugershoff Cranz Grundlagen usw, Anm 1 Ferner z B A Klingatsch, Int Arch f Photogramm 6, 1919—1923, O v Gruber, a a O, S 82, S Weflisch, a a O, S 127, P Baeschlin, Sch ZS f Verm 27, 1929, S 31

[3] Der Bildträger muß natürlich der Aufnahmekammer entsprechen

'er Ebene und Neigung der Platte um die *hh*- bzw *vv*-Linie, das Meßbild in ie solche Stellung zu bringen, daß die (mindestens) drei zur Orientierung rwendeten Bildpunkte unter den vorgeschriebenen horizontalen und vertilen Richtungen erscheinen Nachdem so die der Prufaufnahme zukommende ıfällige) Lage zum Aufnahmeobjektiv bzw zu dem ihm aquivalenten Bildtragerjektiv wieder gefunden wurde, erhalt man die gesuchten Öffnungswinkel durch ssung der Horizontal- bzw Vertikalwinkel zwischen dem Schnittpunkt der ırkenlinien und den *hh*- bzw *vv*-Bildmarken

Die Genauigkeit der so bestimmten Öffnungswinkel ist selbstverstandlich ıangig von der Bildgüte der Prufaufnahme und der Genauigkeit der Richtungsssungen nach den Objektpunkten Die hierin liegenden Fehlerquellen werden 'mieden, wenn die Öffnungswinkel der Meßkammer unmittelbar mittels

196 Kammerprüfungstheodolit nach R Hugershoff (Aerotopograph G m b H in Dresden)

nrohrbeobachtung durch das Kammerobjektiv hindurch entnommen werden diesem Zweck hat R Hugershoff einen besonderen Kammerprufungs›odolit (Abb 196) angegeben, der im wesentlichen aus einem Theodolit teht, dessen Kippachse derart gekröpft ist, daß der vordere Hauptpunkt des ektivs jeder beliebigen Meßkammer nahezu in den Schnittpunkt von Kipp- l Stehachse gebracht werden kann Die Befestigungseinrichtung der zu unterhenden Kammer gestattet es, diese seitlich so zu neigen, daß mit Hilfe des nrohres die Verbindungslinie eines Paares der Rahmenmarken horizontal gerichtet wird Hiernach lassen sich die Öffnungswinkel (erforderlichenfalls wei Fernrohrlagen) schnell (gegebenenfalls vor und nach jeder Aufnahmereihe) mit großer Genauigkeit messen Das Gerat ermoglicht gleichzeitig eine fung bzw Justierung der winkelrechten Lage der beiden Markenverbindungs›n zueinander, außerdem ist das Fernrohr mit einem Gaussschen Okular[1] gerustet, mit dessen Hilfe unter Benutzung eines auf dem Bildrahmen aufgeen Planspiegels die Bildmarken so justiert werden können, daß der Schnitt-

[1] Vgl Chr v Hofe, Fernoptik, S 65

punkt ihrer Verbindungslinien mit dem Hauptpunkt des Bildrahmens zusamm fällt Über die Verwendung des Instrumentes zur Messung von Verzeichnun fehlern s S 108

Bei Doppel- und Mehrfachkammern ist außer der Bestimmung der inne Orientierung jeder einzelnen Kammer noch die Feststellung der gegenseitig Lage der Einstellkammer erforderlich Das diesbezugliche Verfahren, für SCHEIMPFLUG Aufnahmen des Sternhimmels vorschlug, ist umständlich ı läßt eine in der Praxis erwünschte jederzeit mogliche und rasche Überprüfı nicht zu Mit Rucksicht auf den auch aus anderen Grunden problematischen W solcher Kammern (vgl S 150 und S 200) sei deshalb nur auf die entspreche Literatur verwiesen [1]

VII. Die mittelbare Bestimmung der äußeren Orientierungselemente

A. Orientierung von Einzelaufnahmen

44. Graphische Spezialverfahren bei ebenem und wagrechtem Gelä Die hier zu schildernden Methoden haben, sofern die Aufnahmen zur Herstell von Lageplänen benutzt werden sollen, nur theoretisches Interesse, solche L pläne können ohne jede besondere Bestimmung der äußeren Orientierung , phisch (Bezugsnetze vgl S 12) oder optisch-mechanisch (Entzerrungsverfal vgl S 17) aus den Bildern entwickelt werden Die nachstehend beschriebe Methoden sind streng, so lange die Voraussetzung ebenen und horizontalen ländes erfüllt ist, ihrer geringen praktischen Bedeutung wegen genugt hier Angabe graphischer Verfahren Ist fur bestimmte Sonderaufgaben — z Standortbestimmungen zu Flugzeug-Geschwindigkeitsmessungen — eine grö Genauigkeit erwünscht, so sind die unten fur den allgemeinen Fall angegeb rechnerischen oder mechanischen Methoden anzuwenden

a) Achsenkreuzverfahren Legt man durch die Kammeiachse in ı Aufnahmestellung eine vertikale Ebene und eine zu dieser Ebene winkelre Ebene, so ergeben die Spuren dieser Ebenen sowohl im Bild als in der Ka ebene je ein rechtwinkliges Achsenkı Dabei bestimmt die Spur der Vertikale im Bilde (Hauptvertikale) die Verkan der Aufnahme bzw die Richtung des horizontes, die Spur der gleichen Ebe der Karte bestimmt die Aufnahmericht bzw einen geometrischen Ort fur die tenprojektion des Standpunktes Um (eindeutige) Lage der beiden einander ' ordneten Achsenkreuze aufzufinden, über man zunachst den Bildhauptpunkt ır Karte, und zwar entweder durch unm bare Identifizierung oder als Schnittpunkt der Diagonalen eines im und auf der Karte identifizierten Vierecks, dessen Diagonalschnittp im Bilde mit dessen Hauptpunkt zusammenfallt Dann legt man zwe Pauspapier gezeichnete rechtwinklige Achsenkreuze mit ihren Kreuzpu auf den Karten-, bzw Bildhauptpunkt und dreht die Achsenkreuze um

Abb 197 Achsenkreuzverfahren, Bild

[1] H WEIDINGER, Mitt a d Arbeitsgebiet d Photogrammetrie G m b] 1927, H 7/8, S 6, K MESSERER, ebenda S 10

ıkte, bis (vgl Abb 197 und 198) entsprechende Achsen durch identische ıkte gehen Der Standort wird nun am einfachsten durch (ebenes) Ruckwärtsschneiden in der Hauptvertikalebene gefunden man konstruiert mit Hilfe der lweite die (Vertikal-) Winkel schen den Bildstrahlen nach ıdestens drei auf der Hauptrtikalen bzw der Aufnahmeıtung identifizierten Punkten, rträgt die Winkelschenkel auf ıspapier und verschiebt dieses lange, bis (vgl Abb 199) die ıkelschenkel durch die ihnen sprechenden Kartenpunkte en Die Winkelrechte, gefällt n Winkelscheitel O auf die rtenebene, ergibt den Aufnahstandpunkt O_0 in der Karte, $_0$ stellt die Flughöhe im Karmaßstab dar Eine Parallele Aufnahmerichtung durch O, Spur des Aufnahmehorizontes er Hauptvertikalebene, schnei die Bildebene unter dem Komnent des Neigungswinkels

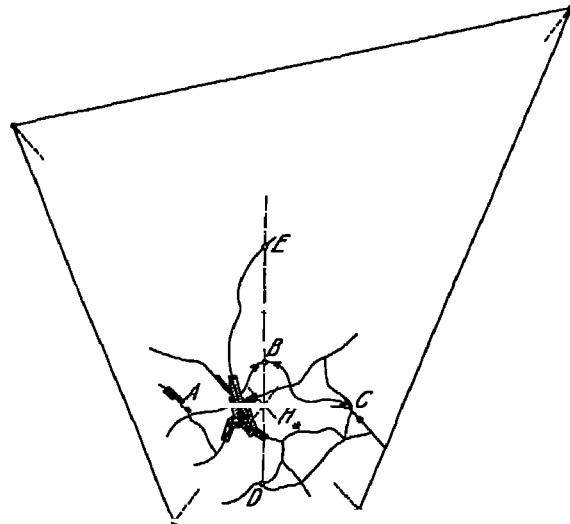



Abb 198 Achsenkreuzverfahren, Karte

b) Fluchtpunktverfah-

Auf S 11 wurde darauf hingewiesen, daß sich die Bilder paralleler und ızontaler Geraden in einem Punkte (Fluchtpunkt) schneiden, der auf dem lhorizont liegt Durch die Bilder von zwei Scharen verschieden gerichteter ızontaler Parallelen ist also der Bildhorizont bestimmt Identifiziert man daım Bilde die Ecken eines beliebigen

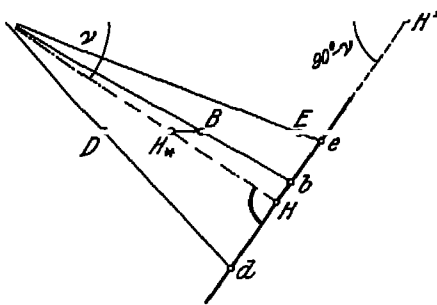



Abb 199 Achsenkreuzverfahren, Ermittelung der Aufnahmeelemente

Abb 200 Fluchtpunktverfahren, Bild

vier Kartenpunkten gebildeten Parallelogramms, so ergeben (vgl Abb 200 201) die Schnittpunkte F gegenüberliegender Seiten des Bildvierecks die e des Bildhorizontes Die vom Bildhauptpunkt H auf den Bildhorizont illte Winkelrechte HH' gibt die Richtung der Hauptvertikalen und damit h die Verkantung der Aufnahme In dem aus der Bildweite und der ecke HH' gebildeten rechtwinkligen Dreieck (Abb 199) ist der der Strecke ' gegenuberliegende Winkel der Neigungswinkel der Aufnahme Die

Kartenprojektion O_0 des Standpunktes kann durch (ebenes) Ruckwe schneiden mittels der Horizontalwinkel zwischen den Richtungen vom punkt nach (mindestens) di identifizierten Kartenpunkte gen Diese Horizontalwinkel am einfachsten durch Ablot Bildpunkte in eine Ebene zur Kartenebene (Abb 2C auch Abb 52) gefunden, naturlich die Bildpunktkoor auf die eben gefundene Ha tikale HH' zu beziehen sir so konstruierte Strahlen $O_0\, p_0\, r_0\, q_0$ wird auf Pai ubertragen und in die Kartei eingepaßt Zur Ermittlung d höhe H kann man von irger der gegebenen Kartenpunk Winkelrechte zur Aufnahmei ziehen, deren Lange X sei, Abszisse x des entsprechend punktes und seinem Abstand h' v(nahmehorizont (Abb 202) ergibt i Flughohe H

Abb 201 Fluchtpunktverfahren, Karte

$$H = h' \frac{X}{x}$$

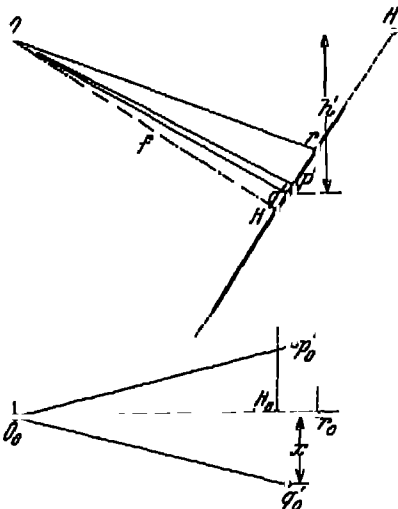



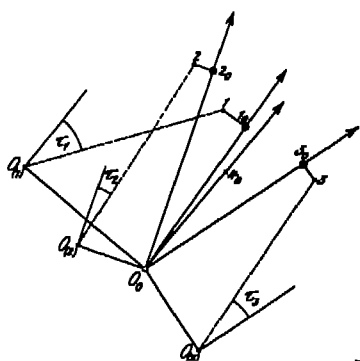
Abb 202 Fluchtpunktverfahren, Ermittlung der Aufnahmeelemente

Selbstverständlich können Stand projektion und Flughöhe auch beim punktverfahren mittels Rückwartsei dens in der Hauptvertikalebene g werden Hier wurde die Identifizier zwei Punkten auf der Hauptvertikal der Aufnahmerichtung genugen, als Punkt wird der unendlich ferne Pi Aufnahmerichtung — mit seinem H' — benutzt [1]

45 Allgemein anwendbare V (raumliches Ruckwartseinschneiden) liche nachstehend beschriebene V sind unabhangig von der Gelandeausf ihre Anwendung fuhrt bei wagrech Schrägaufnahmen stets zum Ziel I und Senkrechtaufnahmen versagen sie praktisch, hier ist die unter

[1] Die vorstehend geschilderten Verfahren zur Orientierungsermittlung bei Senkrechtaufnahmen Hier sind erforderlichenfalls gewisse der im folge schilderten Verfahren anzuwenden Angenähert erhält man hier die Flughohe weite und dem Verhältnis entsprechender Karten- und Bildstrecken (vgl S 37) Die Lage des Standpunktes (Nadirpunktes) laßt sich mit einiger S nur dann angeben, wenn die Neigung der Kammerachse registriert wurde was am zweckmäßigsten durch Mitabbildung einer Dosenlibelle geschieht aus deren Blasenausschlag sich auch die Neigungskomponenten in Rich beiden Bildachsen (Haupt- und Querneigung) ableiten lassen Die azimutale rung ergibt sich ohneweiters

22) geschilderte optisch-mechanische Methode (für Bildentzerrung), bzw
e gemeinsame Orientierung aufeinanderfolgender Meßbilder (S 184 für topo-
aphische Ausarbeitungen) anzuwenden

a) Näherungsorientierung mittels Bildmeßtheodolits Für eine
iche Orientierung einzelner Schrägaufnahmen, die zu Richtungsmessungen[1]
ittels Bildmeßtheodolits) etwa für militärische Zwecke dienen sollen, kann
ı optisch-graphisches[2] Verfahren Verwendung finden Man legt hierzu die
ıfnahme unter einer geschätzten oder durch Registriervorrichtungen (S 106)
herungsweise angegebenen Neigung und Verkantung in den Bildträger des
ldmeßtheodolits und mißt die horizontalen und vertikalen Richtungen nach
n Bildern von wenigstens vier ihren Raumkoordinaten nach bekannten Punkten,
n denen ein Bildpunkt (1) möglichst nahe am Hauptpunkt, zwei andere (2 und 3)
ıglichst in der Haupthorizontalen und der vierte (4) möglichst in der Bild-
rtikalen liegen soll Mittels der beiden Horizontalwinkel zwischen den drei
ınkten in der Haupthorizontalen ergibt sich durch graphisches Rückwärts-
einschneiden (Abb 203) die (genäherte) Standortsprojektion Ein genauerer Wert für diese und insbesondere die Flughöhe

b 203 Näherungsweise Orientierung nach Richtungsmessungen

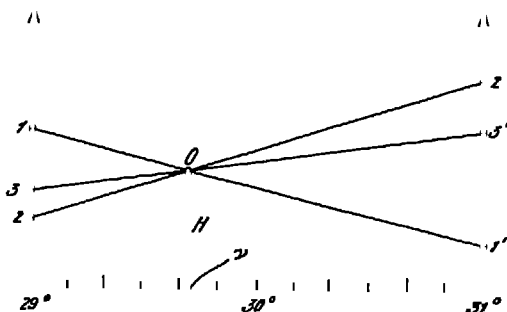



Abb 204 Graphische Ermittlung verbesserter Aufnahmeelemente ($\nu = 29^{\circ}42'$)

d eine Korrektion für den angenommenen Neigungswinkel der Aufnahme
gibt sich aus der Beobachtung der Tiefenwinkel für den vierten Bildpunkt
der Hauptvertikalen) und für zwei der anderen Punkte Aus jedem
ser Tiefenwinkel laßt sich die Flughöhe über einem beliebigen Aus-
ngshorizont rechnerisch oder graphisch (Abb 203) finden Diese Höhen
rden wegen der fehlerhaft angenommenen Bildneigung im allgemeinen
ht übereinstimmen Man wiederholt deshalb das geschilderte Verfahren für
ei oder drei verschiedene Annahmen hinsichtlich des Neigungswinkels und
det dann mittels eines aus Abb 204 leicht ersichtlichen graphischen Ver-

[1] Vgl auch S 173, Fußnote 7

[2] Ein interessantes, wenn auch wenig übersichtliches graphisch-mechanisches
herungsverfahren unter Benutzung der stereographischen Projektion des Grad-
tzes einer Halbkugel (entsprechend den von KOHLSCHÜTTER und KOERBER ein-
führten Netzen zur Auflösung sphärischer Dreiecke) hat N G KELL, ZS f Verm 55,
26, S 225, angegeben Er findet damit außer Neigung und Verkantung der Auf-
hme die horizontalen Richtungen und Vertikalwinkel nach den gegebenen Punkten,
s denen sich die Standortkoordinaten rechnerisch oder graphisch ermitteln lassen
ı Vorbereitung für die exakte Orientierung der Aufnahmen in Auswertegeräten
mmt dieses Verfahren, wie auch jedes andere Näherungsverfahren, praktisch nicht
Frage, vgl S 179 u S 193

fahrens eine verbesserte Flughöhe und Neigung und damit schließlich au eine verbesserte Standortsprojektion Da die horizontale Richtung nach de hauptpunktnahen Bildpunkt (Mittelstrahl) durch eine fehlerhafte Verka tung nur wenig beeinflußt wird und bei veränderter Neigung der Aufnahme der Standortsprojektion im wesentlichen auf diesem Mittelstrahl wandert, ergi sich die richtige Verkantung des Meßbildes durch Drehen desselben, bis der na der Hauptvertikalen liegende vierte Bildpunkt unter demselben Horizontalwinl gegen den Mittelstrahl erscheint, der von den entsprechenden Richtungen der Karte eingeschlossen wird

b) Graphisches (Pyramiden-) Verfahren Bei dem eben behandelt Verfahren sind aus praktischen Gründen — zur rascheren Erzielung des Erge nisses — vier Festpunkte verwendet worden Theoretisch genügen bei (wie h immer vorausgesetzt wird) gegebener innerer Orientierung der Aufnahme di bekannte, auf dem Meßbild erkennbare Punkte des Objekts (Festpunkte) z Ermittlung der äußeren Orientierung [1] Bezeichnet man das durch die Bildstrah

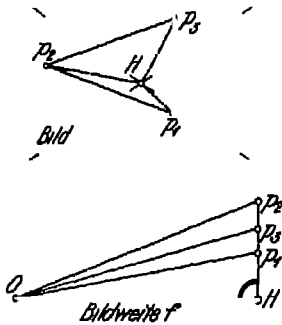



Abb 205 Ermittlung der Kanten der Bildpyramide

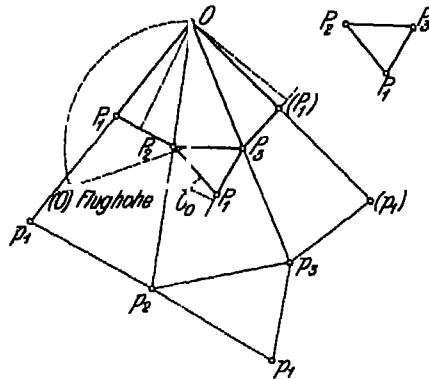



Abb 206 Rekonstruktion der Festpunkt-pyramide und deren Höhe

zwischen diesen drei Bildpunkten und dem bildseitigen Objektivhauptpu dargestellte, in seinen Elementen (indirekt) gegebene Dreikant als „Bildp mide", so läßt sich die vorliegende Aufgabe wie folgt formulieren Ein durch Bildpyramide gegebenes Dreikant ist durch eine Ebene (Festpunktebene) sc schneiden, daß das Schnittdreieck dem Dreieck der gegebenen Objektpu (Festpunktdreieck) kongruent ist [2] Die Lösung dieser Aufgabe wurde a deutet von Finsterwalder,[3] völlig durchgeführt wurde sie von Kutta,[4] gershoff[5] und Lüscher [6] Man denkt sich vorerst die Bildpyramide l

[1] S Finsterwalder, Geometr Grundlagen usw, S 26, K Weigel, Öst f Verm 13, 1915, S 140

[2] Näheres über den Charakter dieser Aufgabe (Mehrdeutigkeit, „gefährl Ort") s S 172

[3] S Finsterwalder, Geometr Grundlagen usw, 1897, S 26, vgl auch Scheimpflug, Int Arch f Photogramm 2, 1909, S 34 und O Koerner, A Rundsch 2, 1926, S 149

[4] W Kutta, Ballonphotogrammetrie in Moedebecks Taschenb f Flugte u Luftfahrwes, 1 Aufl, Berlin 1904

[5] R Hugershoff und H Cranz, Grundlagen d Photogrammetrie aus l fahrzeugen, Stuttgart 1919

[6] H Lüscher, Photogrammetrie Leipzig und Berlin 1920

ır Seitenkante und der beiden anstoßenden Grundkanten aufgeschnitten und Mantelflachen in die Ebene der drei Bildpunkte ausgebreitet Zu dieser vicklung sind zunachst die drei Seitenkanten Op_1, Op_2 und Op_3 (Abb 205) er Benutzung der Bildpunktabstande vom Bildhauptpunkt H und der lweite f zu konstruieren Aus den Seitenkanten und den im Bilde selbst ıttelbar gegebenen gegenseitigen Abständen der Bildpunkte findet sich ohne teres die Abwicklung der Bildpyramide $Op_1p_2p_3(p_1)$ (Abb 206) Die Konıktion erfolgt zweckmäßig in natürlicher Größe Die Seitenkanten der ıtpunktpyramide und damit die Spur $P_1P_2P_3$ (P_1) der Festpunktsne in den Seitenflächen der Bildpyramide lassen sich durch Näherungsahren finden, etwa in der Weise, daß man die Kantenlänge OP_1 beliebig ımmt, vom Punkte P_1 aus — unter Verwendung eines dreispitzigen ɾels oder eines Papierstreifens (Finsterwalder) — durch Bogenschlag mit in einem beliebigen Konstruktionsmaßstab dargestellten Festpunktentıungen P_1P_2, P_2P_3, $P_3(P_1)$ zum ıkte (P_1) gelangt und das Verfahren lange wiederholt, bis $O(P_1)$ gleich ı ist

Abb 207 Ermittlung der Kanten der Festpunktpyramide nach K Fuchs

Eine besonders zweckmäßige Aberung des Annäherungsverfahrens ist von K Fuchs[1] (Abb 207) angegee Man trägt hierzu etwa auf der ıte OP_3 eine beliebige gleichformige la auf, von deren einzelnen durchend bezifferten Punkten aus man tels Bogenschlages mit den entspreınden Seiten des Festpunktdreiecks tere Skalen mit entsprechender Beərung auf den Kanten $O(P_1)$ und OP_2 ılt Die Skalenpunkte der letzteren teilung werden zur Gewinnung einer teren Skala nach dem gleichen Verren auf der Kante OP_1 benutzt Mit fe eines in O eingesetzten Zirkels sucht man dann diejenigen beiden ıkte auf den beiden äußeren Strahlen, denen dieselbe Skalenbezifferung ommt Diese Punkte, zusammen mit den ebenso bezifferten Punkten der len inneren Strahlen, ergeben die Spur des Festpunktdreiecks Zweifel ır die allein in Frage kommende Lösung der an sich, wie schon erwahnt, ırdeutigen Aufgabe (die zur Skalenherstellung verwendeten Bogen schneija jede Pyramidenkante im allgemeinen in jeweils zwei Punkten) entıen bei Schragaufnahmen, für die das Verfahren allein geeignet ist, im allıeinen nicht, da ja das Bild die längste und kurzeste Kante meist unmittelbar ennen laßt

Die Rekonstruktion der eigentlichen Aufnahmedaten erfolgt nun nach beınten Regeln der darstellenden Geometrie Abb 206 zeigt die Ermittlung Standorts und der Flughohe, zunachst unter der vereinfachenden Annahme, ʒ die Festpunkte gleich hoch gelegen sind, die Festpunktebene der Kartenne also parallel ist Der Standort O_0 ergibt sich dann mit Kontrolle aus den ıren der drei zu den Festpunktentfernungen (Grundkanten) winkelrechten ɾtikal) Ebenen durch das Aufnahmelot OO_0 Die Flughöhe (uber der Fest-

[1] K Fuchs, ZS f Verm 35, 1906, S 425

punktebene) selbst findet sich durch Umklappen einer dieser Vertikalebenen in die Zeichenfläche Abb. 208a zeigt die Übertragung des Bildhauptpunktes H in die Festpunktebene, d. h. also die Konstruktion des Durchstoßpunktes H_*

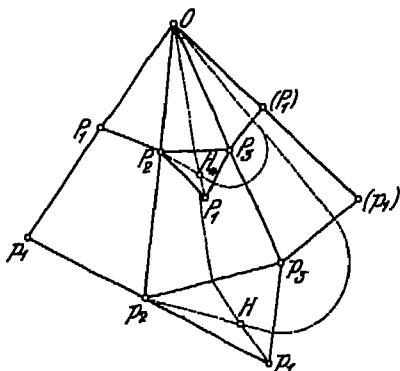



Abb. 208a. Übertragung des Bildhauptpunktes in die Festpunktebene

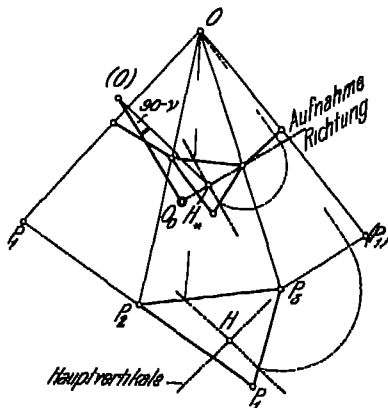



Abb. 208b. Konstruktion der Neigung, Aufnahmerichtung und Verkantung

der Kammerachse durch diese Ebene. Die Übertragung geschieht mit Hilf der Spuren zweier durch die Kammerachse und je eine der Bildpyramidenkanten gelegten Hilfsebenen. Die Verbindungslinie von O_0 und H_* (Abb. 208b) ergibt dann die Aufnahmerichtung, also die Spur der Hauptvertikalebene in der Kartenebene. Nach der Umklappung dieser Hauptvertikalebene findet sich im Dreieck OO_0H_* als Winkel zwischen Flughöhe OO_0 und Kammerachse OH_* die Nadirdistanz bzw. das Komplement des Neigungswinkels dieser Achse. Die Winkelrechte zur Spur O_0H_* der Hauptvertikalebene entspricht der Spur der Ebene durch die Haupthorizontale (s. S. 164). Die aus der Abb. 208 leicht ersichtliche Rekonstruktion der Spuren der gleichen Ebenen in der Bildebene ergibt hier die Haupthorizontale und die Hauptvertikale, deren Winkel mit der (in der Figur nicht angegebenen) Bildmarkenverbindungslinien der Verkantung der Aufnahme entspricht.

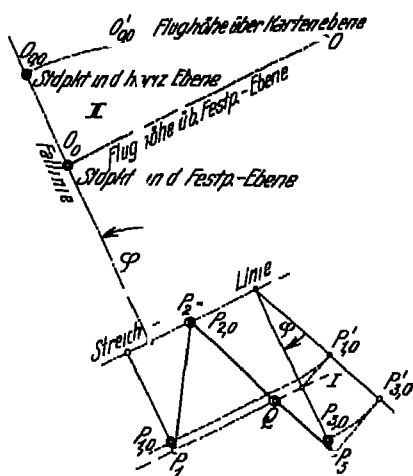



Abb. 209. Konstruktion der Standortkoordinaten bei geneigter Festpunktebene

Für den allgemeinen Fall, daß die Festpunktebene beliebig geneigt ist, sei hier nur die Rekonstruktion der Standortsprojektion und der Flughöhe beschrieben.[1] Auch beim allgemeinen Fall wird zunächst die Standortsprojektion O_0 auf die Festpunktebene und die Flug

[1] Die Weiterführung des Verfahrens zur Ermittlung der übrigen Orientierungselemente ist so einfach, daß eine eingehende Schilderung sich hier erübrigt. Für die Praxis ist es außerdem zweckmäßiger, diese Elemente nicht graphisch, sondern optisch mechanisch mit Hilfe des Bildmeßtheodolits zu bestimmen, nachdem aus Flughöhe und Kantenlängen die Neigungswinkel der Kanten berechnet wurden, s. S. 124

he uber dieser (mit der Zeichenflache zusammenfallenden) Ebene nach n in Abb 206 dargestellten Verfahren konstruiert Dann projiziert man ter Benutzung von Seitenrissen sowohl den Standpunkt als auch die stpunkte auf die (zur Zeichenfläche geneigte) wagrechte Ebene durch i am tiefsten gelegenen der drei Festpunkte und dreht diese wagrechte ene in die Zeichenebene Diese Drehung erfolgt um die Schnittgerade reichlinie) von Horizontal- und Festpunktebene Die Seitenrißebenen hen winkelrecht zur Streichlinie, ihre Spuren sind also „Fallinien" Ein ispiel für diese Konstruktion ist in Abb 209 wiedergegeben, in der P_2P_3 das (geneigte) Festpunktdreieck und O_0 die nach dem in Abb 206 gegebenen Verfahren gefundene Projektion des Standortes auf die Festpunkt-ene sei Der Punkt P_1 soll 60 m, der Punkt P_3 100 m über P_2 liegen Eine rch P_1 gelegte Horizontallinie wird also die Seite P_2P_3 des Festpunktdreiecks einem Punkte Q schneiden, fur den gilt

$$P_2Q \quad P_2P_3 = 60 \quad 100$$

Eine Parallele zu P_1Q durch P_2 gibt die erwahnte Schnittgerade von Hori-ital- und Zeichen- bzw Festpunktebene Der Winkel φ zwischen beiden enen findet sich aus dem Seitenriß I durch den Festpunkt P_3 Durch An-gen dieses Winkels an die Fallinie durch O_0 ergibt sich der Seitenriß II, in i man die nach dem früher geschilderten Verfahren gefundene Flughohe OO_0 er der Festpunktebene einzeichnet Das von O auf die im Seitenriß II ent-ltenen Spur der Horizontalebene gefällte Lot $OO'_{0,0}$ ist die gesuchte Flughöhe er dieser Ebene Durch Drehung der Horizontalebene um die durch P_2 gezogene reichlinie gelangt $O'_{0,0}$ in die Lage $O_{0,0}$ Mit Hilfe des Seitenrisses I werden n die Grundrißprojektionen $P'_{1,0}$ und $P'_{3,0}$ der Festpunkte P_1 und P_3 eben-ls in die Zeichenebene gedreht, so daß damit die gegenseitige Lage der Grund-projektion von Standort und Festpunkten bestimmt ist

c) Rechnerisches raumliches Ruckwärtseinschneiden mit Win-ln Die in der Literatur sehr oft behandelte, heute praktisch fast bedeutungs-e Methode[1] schließt sich unmittelbar an das eben geschilderte Pyramiden-rfahren an Sie geht wie dieses von den (indirekt) gegebenen Flachenwinkeln r Bild- bzw Festpunktpyramide (Positionswinkeln) aus und gliedert sich indsatzlich in zwei getrennte Arbeitsgänge Diese sind im allgemeinen [2] Er-ttlung der Standortkoordinaten und Ermittlung der Neigung, Verkantung d Aufnahmerichtung

Die Positionswinkel werden entweder aus den Bildpunktkoordinaten und r Bildweite[3] oder aus den bei beliebiger Neigung des Meßbildes im Bildmeß-odolit beobachteten Horizontalrichtungen und Neigungswinkeln der Bild-nktstrahlen (mit Hilfe des spharischen Cosinussatzes) berechnet[4] Die sitionswinkel lassen sich im Bildmeßtheodolit aber auch unmittelbar beob-hten, wenn man das Meßbild so verkantet, daß die jeweils in Frage kommenden iden Bildpunkte in der Horizontalebene oder in einer Vertikalebene liegen

[1] Vgl hierzu auch O v GRUBER, ZS f Verm 53, 1924, S 281

[2] Eine Ausnahme bildet ein von R HUGERSHOFF, Int Arch f Photogramm 6, 23, S 90, angegebenes Verfahren, bei dem (auf Grund der vorher berechneten intenlängen) Neigung, Verkantung und Höhe des Standortes und dann (durch ebenes ickwartseinschneiden) die Lagekoordinaten desselben gefunden werden

[3] Mit Hilfe der einfachen, geometrischen bzw trigonometrischen Beziehungen, sich an Hand der Abb 205 und 206 ohne Schwierigkeit ableiten lassen, vgl z B JGERSHOFF und CRANZ, Grundlagen usw , S 47

[4] R HUGERSHOFF, Int Arch f Photogramm 6, 1923, S 90

a) Ermittlung der Standortskoordinaten 1 Indirektes Verfahren
Verfahren besteht darin, daß zunächst die Kanten der Festpunktpy
und aus diesen erst die Raumkoordinaten des Standpunktes berechnet
Derartige Kantenberechnungsverfahren wurden ebenfalls sehr za
angegeben, die zweckmaßigsten dürften die Verfahren von S FINSTERW
und E LIBITZKY bzw A HORNOCH sein Da ihnen allen heute
noch eine praktische Bedeutung zukommt, so mag eine einfache Aufz
genugen

S FINSTERWALDER[1] berechnet die Korrektionen zu angenommenen
rungswerten mit Hilfe von logarithmischen Differenzen K FUCHS[2] bes
eine rein algebraische Losung ohne Benutzung von Näherungswerten K
gibt ein algebraisch-analytisches Verfahren mit Benutzung von logarithı
Differenzen Er diskutiert dabei die acht theoretisch möglichen Lösunger
daß nur die positiven Wurzeln Losungen ergeben, die den vorgeschr
Positionswinkeln entsprechen und macht eingehende Ausfuhrungen zu
FINSTERWALDER (vgl S FINSTERWALDER, Geometr Grundlagen S
FINSTERWALDER und SCHEUFELE, Das Ruckwärtseinschneiden im Raum
Ber d Bayr Akademie d Wiss, Munchen 1908, S 597) gegebenen De
des fur die Lage des Standpunktes „gefährlichen Zylinders" Dieser gefährl
ist der Kreiszylinder, der durch die drei Festpunkte geht und zu ihrer
winkelrecht steht P WERKMEISTER[4] benutzt einmal eine Reihenentw
nach TAYLOR und dann ein graphisch-numerisches Verfahren, bei dem
Durchdringungskurven von Kreiswulsten konstruiert A KLINGATSC
wickelt ebenfalls ein graphisch-numerisches Verfahren O EGGERT[6] ve
ein kombiniertes trigonometrisch-algebraisches Verfahren F I MULLE
sich eng an die von FÖRG gegebene Lösung an FR SCHULZE[8] findet Nah
werte der Kantenlängen nach dem schon von S FINSTERWALDER vorgesch
Verfahren Die Korrektionen werden in ähnlicher Weise wie bei WERK
gewonnen E LIBITZKY[9] und A HORNOCH[10] veröffentlichten fast gleichz
Verfahren, bei dem mit Vorteil die logarithmischen Differenzen zur Ermittl
Korrektionen der Flächenwinkel an den Grundkanten der Pyramide benu
den Ein Koordinatenberechnungsverfahren mit der Kenntnis der K
längen der Festpunktpyramide als Voraussetzung, hat zuerst K FÖRG[11] a
lich dargestellt (Berechnung des Fußpunktes, der Länge und der Ric
cosinus der Tetraederhöhe, aus welchen Werten leicht die Raumkoor
des Standortes folgen) R HUGERSHOFF[12] berechnet die Korrektionen fü

[1] Geometr Grundl d Photogrammetrie, 1897 Die Methode ist ausführl
gestellt in HUGERSHOFF und CRANZ, Grundlagen usw

[2] K FUCHS, ZS f Verm 35, 1906, S 425

[3] K FÖRG, Die Bestimmung des Standpunkts u d äuß Orientierungsel
Nürnberg 1909

[4] P WERKMEISTER, Int Arch f Photogramm 5, 1915, S 42

[5] A KLINGATSCH, Int Arch f Photogramm 5, 1916, S 105

[6] O EGGERT, ZS f Verm 54, 1925, S 203

[7] F I MÜLLER, Allg Verm-Nachr 37, 1925, S 249ff Die Bezeichnung
ist hier insofern irreführend, als selbstverständlich auch die von Näherung
ausgehenden Methoden die erforderlichen Korrektionen mit jeder beliebigen G
keit bestimmen lassen

[8] FR SCHULZE, Bildmess u Luftbildwes 2, 1927, S 69ff

[9] E LIBITZKY, ZS f Verm 57, 1928, S 369ff

[10] A HORNOCH, Allg Verm-Nachr 40, 1928

[11] Vgl Anm 3 auf dieser Seite

[12] HUGERSHOFF und CRANZ, Grundlagen d Photogramm a Luftfahrzeuge

gswerte der Raumkoordinaten mit Hilfe einer Reihenentwicklung O EGGERT[1] ›chnet sphärisch-trigonometrisch Richtung und Neigungswinkel einer Kante, ı also die Polarkoordinaten und aus ihnen die rechtwinkligen Koordinaten Standortes F I MÜLLER[2] gibt im wesentlichen eine Wiederholung der ‹schen Methode FR SCHULZE[3] löst die Aufgabe analytisch-geometrisch sphärisch-trigonometrisch mit Hilfe einer besonderen Projektionsebene ıllel zur Bildebene E LIBITZKY[4] findet die Raumkoordinaten aus den htungscosinus einer Pyramidenkante, während A HORNOCH[5] ähnlich wie ›ERT verfahrt, dabei aber als Bezugsrichtung nicht die Vertikale, sondern Streichlinie des Festpunktdreiecks benutzt

2 Direktes Verfahren Bei diesem Verfahren den ohne vorherige Berechnung der Pyramikanten die Raumkoordinaten des Standpunktes ııttelbar aus den Positionswinkeln gefunden solches Verfahren wurde von R HUGERS-T[6] angegeben Er geht von Naherungswerten der Raumkoordinaten $x_0 y_0 z_0$ des Standpunkaus und berechnet aus diesen und ihren drei bekannten) Korrektionen $\Delta\xi \Delta\eta \Delta\zeta$ zusammen den bekannten Koordinaten xyz der Festıkte $P_1 P_2 P_3$ zunächst die Kantenlangen $l_1 l_2 l_3$

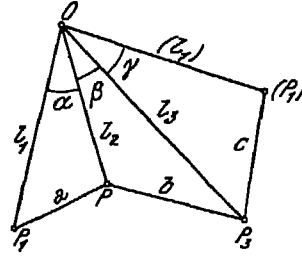



Abb 210 Rückwärtseinschneiden mit Winkeln

$$\left.\begin{aligned} l_1^2 &= (\xi + \Delta\xi - x_1)^2 + (\eta + \Delta\eta - y_1)^2 + (\zeta + \Delta\zeta - z_1)^2 \\ l_2^2 &= (\xi + \Delta\xi - x_2)^2 + (\eta + \Delta\eta - y_2)^2 + (\zeta + \Delta\zeta - z_2)^2 \\ l_3^2 &= (\xi + \Delta\xi - x_3)^2 + (\eta + \Delta\eta - y_3)^2 + (\zeta + \Delta\zeta - z_3)^2 \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

‹eichnet man die Pyramidengrundkanten (Festpunktentfernungen) $P_1 P_2$ a, $P_2 P_3$ mit b und $P_3 P_1$ mit c, die entsprechenden Flächenwinkel (Positionsıkel) der Pyramide mit α, β, γ, so ergeben sich die folgenden Beziehungen l Abb 210)

$$\left.\begin{aligned} l_1^2 + l_2^2 - 2\,l_1 l_2 \quad \cos\alpha &= \mathrm{a}^2 \\ l_2^2 + l_3^2 - 2\,l_2 l_3 \quad \cos\beta &= \mathrm{b}^2 \\ l_3^2 + l_1^2 - 2\,l_3 l_1 \quad \cos\gamma &= \mathrm{c}^2 \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Bei wiederholter Anwendung der TAYLORschen Entwicklung erhalt man (1) sowohl die Glieder $l_1^2 l_2^2 l_3^2$ als auch die Glieder $2\,l_1 l_2 \cos\alpha$, $2\,l_2 l_3 \cos\beta$, $_3 l_1 \cos\gamma$ als lineare Funktionen der Korrektionen $\Delta\xi \Delta\eta \Delta\zeta$ Setzt man diese nktionen in (2) ein, so ergeben sich drei lineare Bestimmungsgleichungen fur unbekannten Korrektionen Weitere Einzelheiten sind aus der angeführten elle zu ersehen

β) Ermittlung der Neigung, Kantung und Aufnahmerichtung [7] Nachdem

[1] Vgl S 172, Anm 6
[2] Vgl S 172, Anm 7
[3] Vgl S 172, Anm 8
[4] Vgl S 172, Anm 9
[5] Vgl S 172, Anm 10
[6] Vgl S 172, Anm 12
[7] An dieser Stelle sei noch auf ein von F v DALWIGK, Sitzungsber d bayr Akaıııe d Wiss , München 1919, angegebenes Verfahren hingewiesen, das nach Ermittlung Standortkoordinaten gestattet, ohne Kenntnis der Neigung und Verkantung der fnahme die Richtungen nach beliebigen abgebildeten Objektpunkten zu konıııeren Das Verfahren ist durch Einführung des Bildmeßtheodolits praktisch übert

bereits K FÖRG[1] an Hand einfacher geometrischer Betrachtungen die angegebenen Elemente der äußeren Orientierung gefunden hatte, haben dann R HUGERSHOFF,[2] P WERKMEISTER[3] und O EGGERT[4] mit Hilfe von sphärisch trigonometrischen Entwicklungen, teilweise unter Benutzung von Näherungswerten der gesuchten Größen, die gleiche Aufgabe gelöst Ein von F I MÜLLER[5] beschriebenes Verfahren zeigt große Ähnlichkeit mit der FÖRGschen Methode Eine besonders schöne Lösung fand E LIBITZKY,[6] indem er zunächst die Richtungscosinus der optischen Achse der Kammer bestimmte

Allen diesen rechnerischen Methoden praktisch vorzuziehen ist das von R HUGERSHOFF[7] eingeführte optisch-mechanische Verfahren, bei dem das Meßbild im Bildmeßtheodolit so lange geneigt und verkantet wird, bis die drei Bildpunkte unter den aus den Standortskoordinaten berechneten Tiefenwinkeln erscheinen Bei genügender Beachtung des Umstandes, daß bei nahe der Hauptvertikalen liegenden Bildpunkten ein Kantungsfehler wenig Einfluß auf die Neigung der Bildstrahlen hat, kommt man sehr rasch zu den gesuchten Orientierungselementen

d) Rechnerisches räumliches Rückwärtseinschneiden nach Richtungen Im Gegensatz zum Rückwärtseinschneiden nach Winkeln gestattet das Rückwärtseinschneiden nach Richtungen, wenigstens in seiner zweckmäßigsten Form, die unmittelbare und gleichzeitige Bestimmung sämtlicher sechs Orientierungselemente Das Richtungsverfahren ist also aus diesem Grunde dem Winkelverfahren im allgemeinen vorzuziehen Außerdem besteht die Möglichkeit, das Rückwärtseinschneiden nach Richtungen, worauf zuerst O v GRUBER[8] hinwies, grundsätzlich sowohl für Schrägaufnahmen als auch für Senkrechtaufnahmen anzuwenden [9] In der phototopographischen Praxis hat sich das rechnerische Richtungsverfahren allerdings ebensowenig eingebürgert, wie sich das Winkelverfahren darin behaupten konnte, beide Verfahren sind hier durch die der Einzelorientierung überlegene, für Senkrecht- und Steilaufnahmen besonders wichtige gemeinsame Orientierung zusammengehöriger Bildpaare verdrängt worden, die in den früher beschriebenen Auswertegeräten auf optisch-mechanischem Wege vorgenommen wird (vgl S 183)

Mit Rücksicht darauf, daß das Richtungsverfahren auch die für die topographische Praxis zwar unwirtschaftliche, theoretisch aber interessante rechnerische Durchführung dieser paarweisen Bildorientierung gestattet,[10] soll es

[1] Vgl S 172, Anm 3
[2] R HUGERSHOFF und H CRANZ, Grundlag d Photogramm usw
[3] P WERKMEISTER, Öst ZS f Verm 20, 1922, S 16ff
[4] O EGGERT, ZS f Verm 54, 1925, S 203
[5] Vgl S 172, Anm 7
[6] Vgl S 172, Anm 9
[7] R HUGERSHOFF und H CRANZ, Grundlag d Photogramm usw, S 67
[8] O v GRUBER, ZS f Verm 53, 1924, S 288, und Einfache und Doppelpunkteinschaltung im Raum, Jena 1924 Zur Verwendung bei Senkrechtaufnahmen ist einfach eine Koordinatenvertauschung vorzunehmen, wobei die aus Seiten- und Höhenachse des Kartierungsgerätes gebildete Ebene als Horizontalebene, die Abstandsachse aber als Höhenachse angenommen wird, während zugleich die Verkantung des Meßbildes zum Winkel seiner Markenlinien gegen die Schnittlinie des Meßbildes mit der aus Seiten und Abstandsachse gebildeten Ebene wird Die Verkantung hat hier also den Charakter einer azimutalen Orientierung
[9] Diese Möglichkeit kann freilich praktisch zur Orientierung von Einzelaufnahmen im allgemeinen nicht ausgenützt werden, da sich bei Senkrechtaufnahmen der Standort meist nahe dem gefährlichen Zylinder (S 172) befindet
[10] O v GRUBER, ZS f Verm 53, 1924, S 288

Hand eines Beispieles ausführlicher dargestellt werden Das Verfahren geht Naherungswerten aus und zwar im allgemeinen fur sämtliche der sechs ıntierungselemente, aus den drei Bildern der für die Orientierung ausreichen- drei Festpunkte werden dann gewöhnlich die drei horizontalen und drei ıkalen Richtungen nach diesen Punkten, entweder mittels der zu messenden tpunktkoordinaten oder unmittelbar durch Beobachtung im Bildmeßtheodolit, ımmt Jede dieser Richtungsmessungen gestattet in Verbindung mit den ›benen Festpunktkoordinaten und den sechs mit ihren Korrektionen ver- ›nen genäherten Orientierungselementen die Aufstellung von sechs Bestim- ıgsgleichungen[1] für diese Korrektionen Die verschiedenen veröffentlichten fahren unterscheiden sich durch die Art der Richtungsgewinnung und der stellung der Bestimmungsgleichungen[2] Der Begründer der Methode Fr ıffer[3] verwendet die aus den Bildpunktkoordinaten bestimmten Hori- ›alrichtungen und Aufrißprojektionen der Vertikalwinkel, während O v ıber direkte Beziehungen zwischen Festpunkt- und Bildpunktkoordinaten tellt[4] A Schlözer[5] führte als erster[6] das Verfahren mit unmittelbar im ımeßtheodolit beobachteten Richtungen vollständig durch

Eigene Wege geht H Marchand[7] auch insofern, als er die Richtungen der lstrahlen gegen die Kammerachse mißt, damit wird das Verfahren allerdings ıg ubersichtlich und es entfällt der Vorteil der gleichzeitigen Bestimmung sechs Orientierungselemente

Neben seinem eben erwahnten Richtungsverfahren mit den Bildpunkt- rdinaten als Ausgangswerten hat O v Gruber gleichzeitig[8] eine Methode Ruckwärtseinschneiden nach im Bildmeßtheodolit gemessenen Richtungs- keln angegeben, die sich von der Schlözerschen Methode durch den Aufbau Bestimmungsgleichungen vorteilhaft unterscheidet und die als zweckmäßigstes Richtungsverfahren bezeichnet werden muß (Methode der Punktprojek- en) O v Gruber berechnet aus den gegebenen Naherungswerten der ıdortkoordinaten mitsamt ihren (zunachst unbekannten) Korrektionen,

---

[1] Einfaches räumliches Rückwärtseinschneiden, bei Benutzung von mehr als (n) Festpunkten ergeben sich (hier) 2 n „Fehlergleichungen", deren Weiter- ındlung nach der Methode der kleinsten Quadrate zu „ausgeglichenen" Orien- ıngselementen und deren mittleren Fehlern führt Diesem „mehrfachen" Rück- seinschneiden ist in der Literatur wiederholt eine größere Bedeutung beigelegt len als ihm in der Praxis zukommt Beispiele für das mehrfache Rückwärtsein- ciden geben S Finsterwalder und W Scheufele, Sitzungsber d bayer d d Wiss, München 1903, R Hugershoff und H Cranz, Grundlagen usw, ıtgart 1919, und A Schlozer, ZS f Verm 53, 1924, S 1ff An dieser Stelle en auch die fehlertheoretischen Untersuchungen von R Hugershoff (a a O) P Samel und N Schollmeyer, ZS f Verm 50, 1921, S 97, über den Rück- seinschnitt erwähnt werden

[2] Vgl hierzu O v Gruber, ZS f Verm 53, 1924, S 281

[3] Fr Pfeiffer, Sitzungsber d Heidelberg Akad 1919, 15 Abh

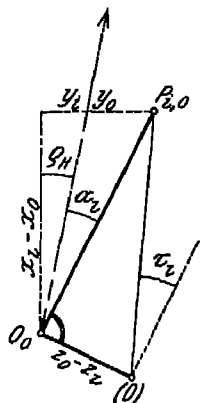
[4] O v Gruber, Einfache und Doppelpunkteinschaltung im Raum Jena 1924

[5] A Schlozer, ZS f Verm 53, 1924, S 1 und S 98, vgl hierzu auch ebenda 36

[6] Bereits vorher (1919 bzw 1921) hatten C Pulfrich und T Fischer einen uch zu einem solchen Verfahren veroffentlicht Die darin enthaltenen Fehler len richtig gestellt von O Eggert (Rückwärtseinschneiden im Raum, ZS f n 49 1920) Einen Ausbau des Fischerschen Versuches schlug Fr Manek vor Arch f Photogramm 6, 1923, S 130

[7] H Marchand, Die Orientierung von Senkrechtaufnahmen i d Photogram- rie, Stuttgart 1922

[8] Vgl S 174, Anm 8

den aus dem (genähert orientierten) Meßbild entnommenen Richtunge Korrektionen und den Höhenkoordinaten der Festpunkte, die Abszis Ordinaten der letzteren. Er erh die sechs Lagekoordinaten der d punkte, die den gegebenen Lag naten gleich sein müssen, es sich somit sechs Bestimmungsg gen für die sechs unbekannten tionen.

Im einzelnen kann man d thode in folgender Weise darste Hand der Abb. 211 läßt sich le folgende Gleichung zunächst Abszisse x_i eines gegebenen F tes P_i ableiten, nämlich

$$x_i = x_0 + \frac{z_0 - z_i}{\operatorname{tg} \tau_i} \cos(\varrho_H +$$

Abb. 211. Rückwärtseinschneiden mit Richtungen.

Setzt man an Stelle der unbe Werte der Standortkoordinaten der Aufnahmerichtung ϱ_H, der talen und vertikalen Richtunge τ_i nach dem Festpunkt Na werte[1] und die zugehörigen (unbekannten) Korrektionen derselben,

$$\begin{aligned} x_0 &= [x_0] + \Delta x \\ y_0 &= [y_0] + \Delta y \\ z_0 &= [z_0] + \Delta z \\ \varrho_H &= [\varrho_H] + \Delta \varrho \\ \alpha_i &= [\alpha_i] + \Delta \alpha \\ \tau_i &= [\tau_i] + \Delta \tau \end{aligned}$$

so ergibt sich aus (1) — mit Beschränkung auf die Glieder I. Ordnun folgende Beziehung:

$$\Delta x + \frac{\cos([\varrho_H] + [\alpha_i])}{\operatorname{tg}[\tau_i]} \Delta z - \frac{[z_0] - z_i}{\operatorname{tg}[\tau_i]} \sin([\varrho_H] + [\alpha_i]) \Delta \varrho - \frac{[z_0]}{\operatorname{tg}}$$

$$\sin([\varrho_H] + [\alpha_i]) \Delta \alpha - \frac{[z_0] - z_i}{\sin^2[\tau_i]} \cos([\varrho_H] + [\alpha_i]) \Delta \tau + [x_0] + \frac{[z_0]}{\operatorname{tg}}$$

$$\cos([\varrho_H] + [\alpha_i]) - x_i = 0.$$

Aus der Abb. 211 lassen sich zweckmäßige Umformungen der Koe ableiten, mit denen die vorige Beziehung die folgende Form annimr

$$\Delta x + \frac{x_i - [x_0]}{[z_0] - z_i} \Delta z - (y_i - [y_0]) \Delta \varrho - (y_i - [y_0]) \Delta \alpha - \frac{2(x_i - [x_0]}{\sin 2[\tau_i]}$$

$$+ [x_0] + \frac{[z_0] - z_i}{\operatorname{tg}[\tau_i]} \cos([\varrho_H] + [\alpha_i]) - x_i = 0.$$

Ihr entsprechend läßt sich für die Ordinate y_i des Festpunktes P_i an

$$\Delta y + \frac{y_i - [y_0]}{[z_0] - z_i} \Delta z + (x_i - [x_0]) \Delta \varrho + (x_i - [x_0]) \Delta \alpha - \frac{2(y_i - [y_0])}{\sin 2[\tau_i]}$$

$$+ [y_0] + \frac{[z_0] - z_i}{\operatorname{tg}[\tau_i]} \sin([\varrho_H] + [\alpha_i]) - y_i = 0.$$

[1] Für die Richtungen sind diese Näherungswerte die im Bildmeßthe angenommener Neigung und Verkantung gemachten Beobachtungen.

Bezeichnet man die Koeffizienten der Abszissengleichung mit a' b' c', die Ordinatengleichung mit a'' b'' c'' und die entsprechenden Absolutglieder l' bzw l'', so erhält man

$$\Delta x + a' \Delta z + b' \Delta \varrho + b' \Delta a + c' \Delta \tau + l' = 0 \qquad (1'')$$

$$\Delta y + a'' \Delta z + b'' \Delta \varrho + b'' \Delta a + c'' \Delta \tau + l'' = 0 \qquad (2'')$$

n sind sowohl Δa als auch $\Delta \tau$ abhängig von den unbekannten Korrektionen und $\Delta \varkappa$ einer angenommenen Neigung $[\nu]$ bzw Kantung $[\varkappa]$, in genügender näherung kann man setzen

$$\left.\begin{aligned} \Delta a &= m \ \Delta \nu + n \ \Delta \varkappa \\ \Delta \tau &= p \ \Delta \nu + q \ \Delta \varkappa \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

Die Verbindung von (3) mit (1'') und (2'') gibt zwei Gleichungen mit sechs bekannten, die also aus den für drei gegebene Punkte aufzustellenden sechs ichungen berechnet werden können Die Koeffizienten m und n bzw p und q l natürlich Funktionen von ν, a_i und τ_i, sie abzuleiten[1] ist nicht nötig, da wir r rechnerischen Ermittlung die unmittelbare Beobachtung im Bildmeß-dolit vorziehen, mit dem wir ja doch die Richtungen $[a_i]$ und $[\tau_i]$ beobachten sen Werden nämlich die Korrektionen $\Delta \nu$ und $\Delta \varkappa$ in Bogenminuten gedrückt, so sind m und n bzw p und q die entsprechenden Änderungen der izontalen Richtungen a_i bzw der vertikalen Richtungen τ_i fur eine Änderung Neigung und Verkantung um je eine Bogenminute

Beispiel Gegebene Koordinaten in Metern

Festpkt	x	y	z
	m	m	m
1	— 80 858,5	— 47 374,5	+ 603,1
2	— 80 910,0	— 49 143,5	+ 640,1
3	— 78 577,0	— 49 323,5	+ 678,3

Angenommene Naherungswerte

$$[x_0] = -83\,800 \text{ m}$$
$$[y_0] = -47\,100 \text{ m}$$
$$[z_0] = +\ 2\,550 \text{ m}$$
$$[\varrho_H] = 340^0$$
$$[\nu] = 30^0$$
$$[\varkappa] = 0^0$$

Die Beobachtungsergebnisse im Bildmeßtheodolit sind

	Angenommene Kantung $[\varkappa] = 0^0$		Einfluß einer Neigungsänderung von 1'	Kantung $\varkappa = +1^0$	Einfluß einer Kantungsänderung von 1'
	Neigung $[\nu] = 30^0$	Neigung $[\nu] = 31^0$		Neigung $\nu = 31^0$	
$[a_1]$	$14^0\ 22',6$	$14^0\ 26',0$	$m = +\ 0',057$	$14^0\ 30',4$	$n = +\ 0',073$
$[\tau_1]$	$33^0\ 27',2$	$34^0\ 24',0$	$p = +\ 0',95$	$34^0\ 11',7$	$q = -\ 0',21$
$[a_2]$	$-\ 15^0\ 43',2$	$-\ 15^0\ 52',0$	$m = +\ 0',15$	$-\ 15^0\ 54',2$	$n = +\ 0',037$
$[\tau_2]$	$28^0\ 50',9$	$29^0\ 48',7$	$p = +\ 0',96$	$30^0\ 02',6$	$q = +\ 0',23$
$[a_3]$	$-\ 3^0\ 41',4$	$-\ 3^0\ 41',0$	$m = -\ 0',007$	$-\ 3^0\ 52',0$	$n = +\ 0',183$
$[\tau_3]$	$18^0\ 33',2$	$19^0\ 38',9$	$p = +\ 1',012$	$19^0\ 38',3$	$q = +\ 0',073$

[1] Vgl z B A SCHLOTTER, a a O

Mit diesen Werten ergeben sich zunächst folgende sechs Gleichungen

$$\left.\begin{array}{l}
\Delta x + 1{,}51\ \Delta z + 274\ \Delta \varrho - 6060\ \Delta \nu + 1363\ \Delta \varkappa - 9{,}2 = 0 \\
\Delta y - 0{,}14\ \Delta z + 2942\ \Delta \varrho + 735\ \Delta \nu + 89\ \Delta \varkappa - 14{,}2 = 0 \\
\Delta x + 1{,}51\ \Delta z + 2044\ \Delta \varrho - 6258\ \Delta \nu - 1497\ \Delta \varkappa - 75{,}1 = 0 \\
\Delta y - 1{,}07\ \Delta z + 2890\ \Delta \varrho + 5075\ \Delta \nu + 1219\ \Delta \varkappa + 19{,}3 = 0 \\
\Delta x + 2{,}79\ \Delta z + 2224\ \Delta \varrho - 17538\ \Delta \nu - 857\ \Delta \varkappa - 116{,}3 = 0 \\
\Delta y - 1{,}19\ \Delta z + 5223\ \Delta \varrho + 7425\ \Delta \nu + 1494\ \Delta \varkappa - 17{,}1 = 0
\end{array}\right\} \quad (\text{I})$$

Durch Elimination von Δx und Δy finden sich hieraus die vier Gleichung[en]

$$\left.\begin{array}{l}
-1770\ \Delta \varrho + 198\ \Delta \nu + 2860\ \Delta \varkappa + 65{,}9 = 0 \\
-1{,}28\ \Delta z - 1950\ \Delta \varrho + 11478\ \Delta \nu + 2220\ \Delta \varkappa + 107{,}1 = 0 \\
+0{,}93\ \Delta z + 52\ \Delta \varrho - 4340\ \Delta \nu - 1130\ \Delta \varkappa - 33{,}5 = 0 \\
+1{,}05\ \Delta z - 2281\ \Delta \varrho - 6690\ \Delta \nu - 1405\ \Delta \varkappa + 2{,}9 = 0
\end{array}\right\} \quad (\text{I}$$

deren Auflosung ergibt

$$\begin{array}{l}
\Delta z = +8{,}5 \\
\Delta \varrho = +0{,}020 \quad (= +1^0\,09') \\
\Delta \nu = -0{,}003 \quad (= -0^0\,10') \\
\Delta \varkappa = -0{,}010 \quad (= -0^0\,34')
\end{array}$$

Durch Einsetzen dieser Werte in zwei der Gleichungen des Systems (I) erhalt m[an]

$$\begin{array}{l}
\Delta x = -13{,}1 \text{ m} \\
\Delta y = -40{,}7 \text{ m}
\end{array}$$

und schließlich die endgultigen[1] Werte der gesuchten Orientierungselemen[te]

$$\begin{array}{lll}
x_0 = -83800 - 13{,}1 & = -83813{,}1 \text{ m} \\
y_0 = -47100 - 40{,}7 & = -47140{,}7 \text{ m} \\
z_0 = +\ 2550 + 8{,}5 & = +\ 2558{,}5 \text{ m} \\
\varrho_H = 340^0 + 1^0\,09' & = 341^0\,09' \\
\nu = 30^0 - 0^0\,10' & = 29^0\,50' \\
\varkappa = 0^0 - 0^0\,34' & = -0^0\,34'
\end{array}$$

e) Optisch-mechanische Orientierung in Auswertegeraten I[...] Verfahren beruht im wesentlichen darauf, daß man die in Auswertegeräten [un]mittelbar (Entzerrungsgeräte, Doppelprojektoren) oder mittelbar (mechanis[che] Auswertegerate) erzeugten orthogonalen Projektionen der gegebenen F[est]punkte mit deren Kartenlage vergleicht und die Orientierung des Projekt[ors] bzw Bildhalters zur Projektionsebene systematisch so andert, daß die a[uf]tretenden Lagedifferenzen entsprechender Punkte zum Verschwinden gebra[cht] werden Das zuerst bei der Bildentzerrung, und zwar von Th Scheimpfl[ug] angewandte Verfahren wurde von diesem als „Methode der optischen Koi[nzi]denz"[2] bezeichnet Ausfuhrliche Darstellungen des speziell bei Entzerru[ngs]geraten zweckmäßigen Arbeitsganges zur Herbeifuhrung dieser Koinzid[enz] gaben S Finsterwalder[3] und O v Gruber[4] [5], der das Verfahren „Meth[ode] der Punktprojektionen" nannte O v Gruber[6] und R Hugershoff[7] veroffe[ntlichten]

[1] Eine nochmalige Durchrechnung des Beispiels mit diesen Werten als Näher[ungswerten] ergibt keine wesentliche Änderung der Resultate

[2] Th Scheimpflug, Die Herstell v Karten u Plänen auf photogr Wege, V[...] 1907, u a a O

[3] S Finsterwalder, Sitzungsber d bayer Akad d Wiss, München 1915, S

[4] O v Gruber, ZS f I 42, 1922, S 161

[5] O v Gruber, Int Arch f Photogramm 6, 1923, S 112

[6] Vgl Anm 5 auf dieser Seite

[7] R Hugershoff, Int Arch f Photogramm 6, 1923, S 80

ten dann gleichzeitig derartige Verfahren für die Orientierung von Einzel-
ern im Stereoplanigraphen bzw Autokartographen

Die optisch-mechanische Orientierung, die wegen der verhältnismäßig
ngen dafür erforderlichen Zeit allen rechnerischen Orientierungsverfahren
legen ist, kann wie das Rückwärtseinschneiden nach Richtungen ebensowohl
Schrägaufnahmen als auch für Steil- und Senkrechtaufnahmen verwandt
len Bei letzteren ist aber auch sie wegen der Nähe des Standortes am ge-
lichen Zylinder mit Unsicherheiten behaftet, die allerdings auf die Lage-
tigkeit bei Entzerrungen ohne Einfluß sind

Das zweckmäßigste, von O v GRUBER zuerst veröffentlichte, hier mit
gen Abänderungen wiedergegebene Einpaßverfahren besteht in der Haupt-
e darin, daß man die Bilder der gegebenen (drei) Festpunkte ABC bei ver-
edenen Werten der Orientierungselemente in die Kartenebene **orthogonal**
iziert, wobei jedesmal (falls Doppelprojektoren oder mechanische Kartierungs-
te verwendet werden) die Höhenmeßeinrich-
;, entsprechend den jeweiligen Festpunkthöhen,
ustellen ist Man kartiert zunächst die drei
kte unter den angenommenen Näherungswerten
ν) ($\varkappa$) der Flughöhe, Neigung und Verkantung
erhält so das Dreieck $(A)\,(B)\,(C)$ Dann
iziert man unter Beibehaltung von (z) und
aber mit $(\nu) + \Delta\,\nu$, wonach sich das Dreieck
$B_\nu\,C_\nu$ ergibt Endlich erfolgt die Projektion
den ursprünglichen Werten (z) und (ν) aber
r der Kantung $(\varkappa) + \Delta\,\varkappa$, das Ergebnis ist
Dreieck $A_\varkappa\,B_\varkappa\,C_\varkappa$ Hierauf vergrößert oder
leinert man (durch Parallelverschieben der
n $B_i\,C_i$) die Dreiecke so, daß

$$(A)\,(B) = A_\nu\,B_\nu = A_\varkappa\,B_\varkappa = A_0\,B_0$$

Abb 212 Optisch-mechanische Orientierung eines Einzelbildes (Koinzidenzverfahren)

gleich der Grundrißprojektion der entspre-
den Festpunktsdreiecksseite wird Denkt man
alle vier Dreiecke so übereinander gelegt, daß sich die Seiten $A_i\,B_i$
en, so ergibt sich die in Abb 212 dargestellte Punktgruppierung,
er $(C)\,C_\nu$ nach Größe und Richtung den Einfluß einer Neigungsänderung
$\Delta\,\nu$ und $(C)\,C_\varkappa$ den Einfluß einer Kantungsänderung um $\Delta\,\varkappa$ auf die ortho-
le Projektion darstellt Falls diese Änderung beispielsweise je 1^0 betrug,
us der Abbildung sofort abzulesen, daß die angenommene Näherung (ν)
'0' und ($\varkappa$) um 30', und zwar (hier) im Sinne der Einstellung von $\Delta\,\nu$ und $\Delta\,\varkappa$
ndern sind Nach Einstellung dieser Änderungen wiederholt man die Kar-
ng des Festpunktdreiecks und ändert dabei den Kartenmaßstab [d h die
nommene Flughöhe (z)] so lange, bis die Seite AB die vorgeschriebene Länge
$_0$ hat

Das Verfahren führt sehr rasch zu guten Näherungswerten Längere Zeit
dert lediglich die letzte Feinorientierung Der von verschiedenen Seiten
ichte und immer wiederholte Vorschlag zum Bau von Sonderinstrumenten
Beschaffung von Näherungswerten der Orientierungselemente, um die eigent-
n Auswertegeräte zu „entlasten", ist deshalb gegenstandslos

Der Orientierungsvorgang von Senkrecht- oder Steilaufnahmen in Ent-
ingsgeräten ist wenigstens bei solchen, in denen der Projektionstisch um zwei
en geneigt werden kann (Haupt- und Querneigung), völlig der gleiche
en der hier sehr einfachen Maßstabsänderung wird man aber jetzt die Fest-

punktsfiguren nicht getrennt zeichnen und nachträglich proportional vergrö oder verkleinern, sondern wird nach jeder Änderung der Haupt- bzw Q neigung des Projektionstisches die Figurenseite $A_i B_i$ sogleich auf die vc schriebene Größe bringen

B. Paarweise Bildorientierung[1]

Es gibt auch hier rechnerische und optisch-mechanische Verfahren Die le ren sind den rechnerischen Verfahren, soweit diese nicht überhaupt praktisc brauchbar sind, vom wirtschaftlichen Standpunkt aus unbedingt überlegen, d rascher zum Ziele führen und dabei eine vollig ausreichende Genauigkeit gewäl

Eine Genauigkeitssteigerung durch vorhergehende, vielleicht sogar Anwendung der Ausgleichsrechnung vorgenommene Berechnung und nach liche Einlegung der Meßbilder in ein Kartierungsgerat ist nicht moglich, da die berechneten Orientierungselemente im Kartierungsgerat nicht mit Si heit wieder herstellen lassen

Bei beiden Verfahren kann die gegenseitige Orientierung und die abs Orientierung (mit Bezug auf Horizont, Maßstab und gegebenenfalls Meri entweder getrennt oder gemeinsam v nommen werden Die selbstandige g seitige Orientierung stutzt sich ausse lich auf den Bildinhalt, macht also k Gebrauch von den Abbildungen gege Festpunkte,[2] die fur die nachfolgend solute Orientierung (ebenso wie fur d meinsame Durchführung von relative absoluter Orientierung) naturlich nötig

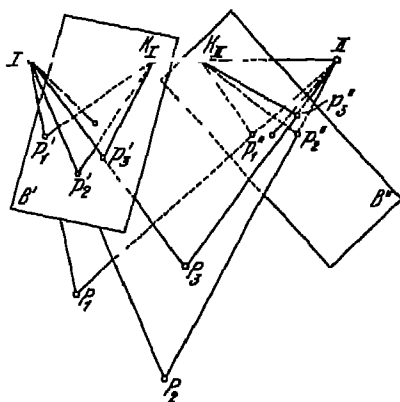



Abb 213 Kernebenenbüschel

46. Rechnerische Methoden. a) I punktverfahren und seine E zung durch die gnomonische jektion[3] Bei diesem Verfahren w relative und absolute Orientierun trennt vorgenommen Denkt man die beiden die gleichen Objekte dars den Meßbilder B' B'' von den Stanc ten I und II aus (Abb 213) gleichzeitig gemacht, so schneiden si

[1] O v GRUBER hat hierfür die Bezeichnung „Doppelpunkteinschaltu Raum" gewählt in Anlehnung an eine bekannte Aufgabe der Vermessungs da in der Phototopographie die Standpunkte aber nur mittelbare Bedeutung so erscheint die hier gebrauchte Bezeichnung zweckentsprechender

[2] Paarweise rechnerische Bildorientierungen dieser Art, aber mit vorausge Kenntnis der Orientierung zum Meridian und zum Lot bzw nur zu letzterem angegeben S FINSTERWALDER, Sitzungsber d bayer Akad d Wiss, Münche K FUCHS, ZS f Verm 34, 1905, S 449, K FUCHS, Int Arch f Photogra 1908, S 107

Diese für die terrestrische Photogrammetrie unter Umstanden wichtigen l orientierungen ergeben natürlich sogleich auch die Orientierung zum Horizo

[3] S FINSTERWALDER, Abh d bayer Akad d Wiss, München 1903 SANDEN, Die Bestimmung der Kernpunkte i d Photogramm, Göttinge H RIESNER, Die Darstell eines Objekts aus drei photogr Aufnahmen usw, M 1911, S FINSTERWALDER, Int Arch f Photogramm 6, 1923, S 22, CHR S Über die gegenseit Orient v Flugaufnahmen mittels gnomonischer Pro Stuttgart 1928

erzeugenden Strahlen paarweise in den ihnen entsprechenden Objekt-
kten $P_1 P_2 P_3$ Die durch jene Bildstrahlenpaare definierten Ebenen
ernebenen", vgl S 39 und Abb 50) enthalten außer dem betreffenden Ge-
lepunkt die beiden Zentren der Perspektive, also die Standpunkte und damit
h die Aufnahmebasis („Kernachse") Die verlangerte Basis schneidet jede
lebene in den „Kernpunkten" $K_I K_{II}$ Kennt man diese, so sind auch die
iren der Kernebenen in den Bildebenen (z B $K_I p'_1 K_I p'_2$ und ent-
ohend $K_{II} p''_1$, $K_{II} p''_2$) gegeben, aus denen sich mit Hilfe der be-
nten Lage der perspektivischen Zentren zu den entsprechenden Bildebenen
Winkel zwischen den einzelnen Kernebenen berechnen lassen Jede Auf-
me ergibt also je ein Kernebenenbüschel, die beide wegen der notwendigen
ichheit der entsprechenden Kernebenenwinkel auf beiden Standpunkten
gruent sind Bringt man beide Büschel zur Deckung, so ist die relative
entierung der beiden Aufnahmen hergestellt Man findet dann die einzelnen
ändepunkte durch Vorwartsabschneiden in der dem betreffenden Gelände-
kt zukommenden Kernebene

Eine direkte Bestimmung der Kernpunkte auf rechnerischem Wege ist
ktisch nicht möglich Man ist darum gezwungen, sich zunachst mit Hilfe
Näherungswerten der Standortskoordinaten (vgl S 167) Naherungswerte
die Bildkoordinaten der Kernpunkte zu verschaffen Aus letzteren lassen
in Verbindung mit ihren (vier) Korrektionen Näherungswerte fur die Kern-
ienwinkel berechnen Auf Grund der Bedingung, daß entsprechende Kern-
ienwinkel auf beiden Standpunkten gleich sein müssen, ergeben sich dann
timmungsgleichungen für die vier unbekannten Korrektionen der Kern-
ktlagen Da mindestens vier solche Gleichungen erforderlich sind, wird die
ntifizierung von mindestens funf Objektpunkten auf beiden Bildern nötig
entsprechenden Rechnungen sind außerordentlich umfangreich

Die Gesamtheit aller vorwarts eingeschnittenen Punkte ergibt ein Modell
Objekts von zunachst unbekanntem Maßstab und unbekannter Orientierung
i Horizont bzw Meridian Um diese fehlende absolute Orientierung herbei-
ihren, ist das Modell außer einer Maßstabsanderung offenbar drei Drehungen
verschiedene Achsen und drei Verschiebungen in verschiedenen Richtungen
unterziehen Für diese sieben Arbeitsgänge genügt die Kenntnis der sechs
umkoordinaten zweier Objektpunkte und der Höhe eines dritten Punktes

Die rechnerische Durchfuhrung dieser „Haufenmethode",[1] womöglich noch
er Benutzung von mehr als den vorgeschriebenen Festpunkten ist für die
xis der topographischen Photogrammetrie eine ebensolche Unmöglichkeit
die rechnerische Durchfuhrung der oben kurz geschilderten Relativ-Orien-
ung

Die angegebene Methode der gegenseitigen Orientierung, die ubrigens in
i wichtigen Fall von (angenahert) in der gleichen Ebene liegenden Bildern
iagt, wird ubersichtlicher und auch fur diesen Spezialfall (aber selbstver-
idlich nur theoretisch) brauchbar, wenn man eine (im allgemeinen wagrechte)
sebene (Ebene des Gnomon) benutzt und die Durchstoßpunkte sowohl der
is (Kernachse) als auch der Bildstrahlen durch jene Ebene betrachtet, nach-
i man zunachst das Strahlenbundel der zweiten Aufnahme parallel mit sich
st und langs der Basis so verschoben hat, daß der zweite Standpunkt mit
i ersten (Spitze des Gnomon) zur Deckung kommt Man nennt diese Durch-
ipunkte „gnomonische Projektionen"

[1] Vgl hierzu auch S FINSTERWALDER, Sitzungsber d bayer Akad d Wiss,
h phys Kl 1915, S 100 bis 209 und O v GRUBER, ZS f Verm 53, 1924, S 164.

In Abb 214 (oberer Teil) ist der Aufriß zweier Bildstrahlenbundel d gestellt, wie sie etwa aus zwei Steilaufnahmen hervorgehen I' und II'' s die Aufrißprojektionen der beiden Standpunkte, $m—n$ die Spur der Hi ebene in der Aufrißebene N_* ist die gnomonische Projektion der Lotlinie (G monfußpunkt) durch den Standpunkt I (bzw II nach seiner Verschiebur also der Nadirpunkt beider Aufnahmen, K_* der „gnomonische Kernpunk A_{I*} A_{II*}, B_{I*} B_{II*} sind die gnomonischen Projektionen der Bildstrah nach den Objektpunkten AB Die Gesamtheit aller dieser gnomoni projizierten Bildstrahlen eines Gegenstandes oder seines richtig orientier Bildes stellt also ein Bild des Gegenstandes vom gleichen Standpunkt aus, a auf eine wagrechte Ebene projiziert, dar, die erhaltene Punktgruppe entspri somit ganz jener Punktgruppe, wie sie beim (winkeltreuen) Entzerrungsverfah erhalten wird, mit IN_* (Lange des Gnomon) als Abstand des Projektionsobj tivs von der Projektionsflache Da einander entsprechende Bildstrahlen e Kernebene definieren, so stellen (die Bildstrahlen vom zweiten Standpunkt sind ja nur parallel mit sich se verschoben, also in ihrer Kerneb verblieben) die Verbindungsli der Durchstoßpunkte entsprecher Bildstrahlen durch die Hilfseb die Spuren dieser Kernebenen in Hilfsebene dar und alle diese Spu mussen durch den „gnomonisc Kernpunkt" K_* gehen Ist d Bedingung erfüllt, so haben die bei Bildstrahlenbundel die richtige ge| seitige Orientierung,[1] so daß die stimmung der Modellpunkte wi nach dem Verfahren des Vorwärt schneidens erfolgen kann Die Gesa heit der so erhaltenen Modellpunkte ist dann nach dem oben angedeut Verfahren auf den vorgeschriebenen Maßstab zu bringen und gegen Hori bzw Meridian zu orientieren Das von Chr Schmidt a a O gegebene spiel beweist, daß auch diese Lösung der paarweisen Bildorientierung theoretischen Wert besitzt

Abb 214 Gnomonische Projektion, Spezialfall (Senkrechtaufnahmen)

b) Richtungsverfahren Eine praktische Möglichkeit, die wegen i weitgehenden Unabhangigkeit vom „gefahrlichen Ort" wichtige paarv Bildorientierung auf rechnerischem Wege durchzufuhren, ergibt sich aus gleichzeitigen Anwendung des fur die Orientierung einzelner Aufnahmen nutzten bereits ausfuhrlich dargestellten Ruckwartseinschneidens nach I tungen (S 176) auf zwei zusammengehorige Bilder[2] Man verschafft sich Naherungswerte fur die (insgesamt 12) Orientierungselemente beider Aufnah und beobachtet im Bildmeßtheodolit die je zwei horizontalen und vertik insgesamt also 12 Richtungen nach drei im gemeinsamen Bildfeld beider nahmen identifizierten und ihrer Raumlage nach gegebenen Objektpunl Es ergeben sich damit sechs Paare von linearen Bestimmungsgleichungen

[1] Der gnomonische Kernpunkt ist natürlich zunächst nur näherungsweise stellbar Seine endgültige Lage findet man durch entsprechende rechnerische, äußerst kompliziert auswirkende Drehungen des einen Strahlenbündels um die S des Gnomon

[2] O v Gruber, Über d räuml Rückwärtseinschnitt ZS f Verm 53, S 288

rt der Systeme 1′ und 2′ von S 176 Aus je zwei Paaren werden zunachst die orrektionen der Lagekoordinaten beider Standorte eliminiert, so daß acht estimmungsgleichungen übrig bleiben, nach deren in der ublichen Weise durch-führten Auflösung ergeben sich auch die vier Korrektionen der Lagekoordi-iten

Bei diesem ubersichtlichen und verhaltnismaßig einfachen Verfahren er-lgt also im Gegensatz zum Kernpunktverfahren die relative und absolute rientierung gleichzeitig

47 **Optisch-mechanische Methoden** a) Koinzidenzverfahren Die auf 179 fur die Orientierung von Einzelaufnahmen angegebene optisch-mechanische ethode laßt sich auch für die paarweise Bildorientierung verwenden Man ientiert zunächst jedes Meßbild für sich, indem man (bei Schrägaufnahmen) eigung, Verkantung und Flughöhe bis zur völligen Koinzidenz des aus dem ilde kartierten (für beide Bilder naturlich zweckmäßig gemeinsamen) Fest-inktdreiecks mit seiner gegebenen orthogonalen Projektion andert Da bei eser Art der Einpassung die azimutale Orientierung keine Rolle spielt, fehlen ich Durchfuhrung der Orientierung der Einzelbilder außer der Horizontal-

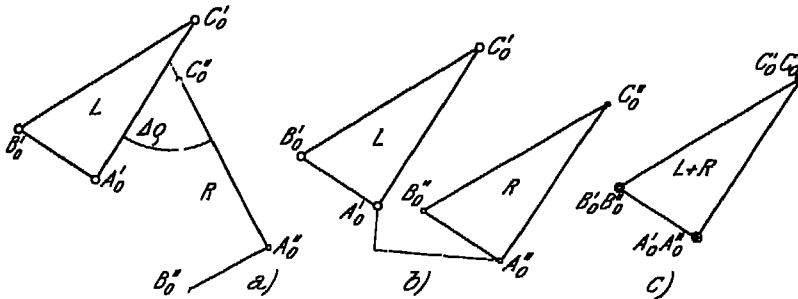



Abb 215. Optisch-mechanische Orientierung eines Bildpaares

rojektion der Basis die Horizontalwinkel zwischen der letzteren und den Auf-ahmerichtungen Man findet diese Orientierungselemente in Anlehnung an ne von R Hugershoff[1] vorgeschlagene Methode, indem man den aus beiden inpaßprozessen hervorgegangenen, auf gemeinsamer Zeichenfläche aufgetrage-en Grundrißprojektionen des Festpunktdreieckes (Abb 215a) den gegen-itigen Verschwenkungswinkel $\varDelta\,\varrho$ entnimmt, um den nun der eine Bildtrager egen den entsprechenden Lenker zu verschwenken ist Eine Neuauftragung rgibt dann beispielsweise die Punktgruppierung der Abb 215b Man mißt tzt die Koordinatendifferenz, zum Beispiel der Eckpunkte A_0' und A_0'', und erändert um diese Werte die zufallig vorhandenen Einstellungen des b_x- bzw $_y$-Schlittens des Basissystems Hiernach werden bei erneutem Aufsetzen des leistiftes auf die Punkte ABC und entsprechender Einstellung der Hohenmeß-inrichtung die angegebenen Punkte gleichzeitig im linken und rechten Okular n den Meßmarken, diese also im Kontakt mit dem jetzt erzielten Raummodell rscheinen (Abb 215c) Etwa noch auftretende Vertikalparallaxen oder Abstands-hler, als Reste von Orientierungsfehlern, bedingt durch die bisherige monokulare nd darum nicht allzu exakte Einzelorientierung, werden durch Feinkorrektion er Orientierungselemente beseitigt Sinn und Größe dieser Korrektionen ergeben ich meist unmittelbar aus der Anschauung

Von dem geschilderten Verfahren wird mit besonderem Vorteil bei Schrag-

[1] R Hugershoff, Int Arch f Photogramm 6, 1923, S 89

aufnahmen Gebrauch gemacht,[1] hier wird ihm in der Praxis im allgemeir vor der im folgenden angegebenen Methode der Vorzug gegeben, die ihrerse für Steil- und Senkrechtaufnahmen Ausgezeichnetes leistet.

b) **Parallaxenverfahren.** Diese wichtige Methode gehört, wie das un 46a) beschriebene Kernpunktverfahren zu jener Gruppe, bei der zunächst gegenseitige Orientierung der Meßbilder erfolgt, worauf das so erhaltene Mod nachträglich auf die vorgeschriebene Größe und in die vorgeschriebene Le zur Erdoberfläche gebracht wird. Das Verfahren geht dementsprechend eb falls von der Überlegung aus, daß sich zugeordnete Strahlen im Raum schneid müssen,[2] benutzt aber weder die Winkel der von zusammengehörigen Zielstrah gebildeten Ebenen (Kernebenen), noch deren Spuren in einer Hilfsebene (gnon nische Projektionsebene), sondern verwendet im wesentlichen zwei Hilfseben

α) *Gegenseitige Orientierung.* Eine von diesen Ebenen, die Grundeb (xy Ebene), wird im allgemeinen, aber nicht notwendig, durch die Aufnahn basis gelegt. Die zweite, die Schirmebene (xz-Ebene), steht winkelrecht z Grundebene, sie wird, vgl. Al 216, durch den Schnittpunkt der Orthogonalprojektionen d beiden betrachteten Bildstrahl IR bzw. IIR gelegt. Schneid sich diese Strahlen wegen fehlenc Relativorientierung nicht, so w den sie die Schirmebene in zw getrennten, übereinander liegend Punkten R_I bzw. R_{II} durchstoß deren Höhenkoordinatendiffere Δz („Vertikalparallaxe", künftig VP bezeichnet) eine Funktion d wirksamen Orientierungsfehler i

Abb. 216. Vertikalparallaxen in der Schirmebene

Das Verdienst, diese Vertik parallaxen als Grundlage für d Relativorientierung zweier A nahmen, und zwar auch solcher aus der Luft, eingeführt zu haben, gebül K. FUCHS.[3] Eine ausführliche theoretische, auf die besonderen Verhältnisse d Stereoplanigraphen zugeschnittene Darstellung des Verfahrens hat O. v. GR BER[4] veröffentlicht.

Mit Rücksicht auf die besondere Bedeutung des Parallaxenverfahrens seiner Anwendung auf (ungefähr) senkrechte Aufnahmen aus (nahezu) gleicl

[1] Das Verfahren ist — grundsätzlich wenigstens — auch auf Steil- und Senkrec aufnahmen anwendbar, bei ihm wäre die gegenseitige azimutale Orientierung natürl nicht durch Verschwenkung, sondern durch Verkantung einer der beiden Aufnahn herbeizuführen (vgl. S. 174, Anm. 8).

[2] Diese Bedingung legt übrigens auch H. v. SANDEN der Aufstellung ei theoretisch interessanten Rechenverfahrens zugrunde. ZS. f. Math. u. Phys. 50, 19 vgl. auch E. KRUPPA, Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. 121, 1912.

[3] K. FUCHS, ZS. f. Verm. 36, 1907, S. 73, und insbesondere Derselbe, I Arch. f. Photogramm. 1, 1908, S. 201 und 2, 1909, S. 112. Der Verfasser deutet h auch völlig klar an — wohl in Kenntnis des SCHEIMPFLUGschen Doppelprojekt — wie die von ihm berechneten Korrektionsgrößen praktisch zu verwerten si nämlich durch Drehung des „starren (Bildstrahlen-) Bündels, das sich im Pole der zweiten Kammer wie in einem Kugelgelenk frei drehen kann". Merkwürdig weise wurde dieser bloß mechanische Prozeß neuerdings in Deutschland patentie

[4] O. v. GRUBER, Einf. u. Doppelpunkteinschaltung im Raum. Jena 1924.

he (Streifenaufnahme mittels einfachen Reihenbildners, vgl S 151) sei der
isch-mechanische Orientierungsvorgang fur diese Art der Aufnahmen im
zelnen veranschaulicht [1] Als Grundebene wird hier die Vertikalebene durch
nachst) beide Standpunkte, als Schirmebene die Kartenebene (bzw eine zu
parallele) Ebene verwendet Bei der Mehrzahl der mechanischen Kartierungs-
ate mit subjektiver Modellgewinnung (stereoskopische Kartierungsgerate)
den dabei Aufnahmen mit vertikaler Kammerachse so in die Bildträger ein-
gt, daß die ursprünglich horizontalen Bildebenen vertikal sind, die an sich
tikale Grundebene wird demnach zum Apparatehorizont ($x\,y$-Ebene), die
irmebene bzw die Kartenebene aber zur Aufrißebene ($x\,z$-Ebene) des Appa-
es Objektpunkte, Standpunkte und Bildpunkte bzw Meßbilder stellen nun
ch Vermittlung der in den Objektpunkten sich schneidenden Bildstrahlen-
re ein starres Ganzes dar, das man im Raum, etwa um den linken Standpunkt,
iebig drehen kann, ohne daß die Relativorientierung gestört wird, aus prak-
hen Gründen denkt man sich das ganze Strahlengebilde so gedreht, daß das
ce Meßbild genau vertikal und dessen in die Basisrichtung zeigende Marken-
bindungslinie genau horizontal wird, also in der Grundebene liegt [2] Das
ce Meßbild wird nun dieser Annahme entsprechend in den linken Bildtrager
gelegt Die gleiche Lage erhalt zunachst auch das rechte Meßbild Erhält
n bereits jetzt, gegebenenfalls nach Verschiebung des Schlittens für die Basis-
nponente b_x in Richtung der x-Achse (vgl z B S 99), ein einwandfreies
eoskopisches Modell, läßt sich also durch entsprechende Betätigung der drei
triebsorgane des Kartierungsgerates die Raummarke mit jedem beliebigen
dellpunkt storungsfrei in optischen Kontakt bringen, so haben beide Auf-
imen die richtige Relativorientierung, sie waren also beide streng achsparallel,
ten keine Flughöhenunterschiede und unterlagen keiner Abtrift und keiner
enseitigen azimutalen Verdrehung Das aber wird im allgemeinen niemals
Fall sein Man kann deshalb durch eine b_x-Änderung gewohnlich nur erreichen,
ein an der linken Meßmarke eingestellter Bildpunkt im rechten Okular
r oder unter der rechten Meßmarke erscheint Diese Bildhöhendifferenz
das Bild der Vertikalparallaxe p in der Kartenebene (vgl Abb 216), die, wie
n angedeutet wurde, eine Funktion der funf moglichen Orientierungsfehler
zweiten Meßbildes relativ zum ersten ist Diese Orientierungsfehler sind

azimutale Verdrehung (Verkantungsdifferenz),
$_y$ Basiskomponente in Richtung der y-Achse (Flughöhendifferenz),
Querneigung (Kippungsdifferenz),
Langs- oder Hauptneigung (Verschwenkungsdifferenz),
$_z$ Basiskomponente in Richtung der z-Achse (in der Hauptsache Abtrift),
en Anteil an der jeweilig auftretenden VP von der Lage des betreffenden
ıktes zur Grundebene und, wie sich zeigen wird, zur Vertikalebene durch den
ken bzw rechten Standpunkt ($y\,z$-Ebene) abhangt

Fur die an irgendeinem Modellpunkt beobachtete VP wird also ganz all-
iein gelten

$$p = f(\Delta \varkappa,\ \Delta b_y,\ \Delta \nu,\ \Delta \varrho,\ \Delta b_z) \tag{I}$$

[1] Die praktische Möglichkeit einer derartigen Orientierung wurde noch 1917
weifelt, vgl S FINSTERWALDER, Alte u neue Hilfsm d Landesvermessung,
nchen 1917, S 19

[2] Bei dieser Anordnung geht jetzt im allgemeinen die Grundebene nur noch durch
einen (linken) Standpunkt, da ja infolge einer etwaigen Verdrehung der Marken
e zur Langsachse des Flugzeuges, dessen eigenen seitlichen Richtungsänderungen
l des Einflusses der Abtrift diese Markenlinie normalerweise nicht mehr in der
tikalebene durch die Flugrichtung (Basis) liegt (vgl hier S 180, Anm 1)

Denkt man sich diese Funktion in eine Reihe entwickelt, so ergibt sich die tot[...] VP näherungsweise als Summe der Glieder I Ordnung

$$p = f_0(\Delta \varkappa) + f_0(\Delta b_y) + f_0(\Delta \nu) + f_0(\Delta \varrho) + f_0(\Delta b_z) \qquad ($$

oder

$$p = p_\varkappa + p_y + p_\nu + p_\varrho + p_z \qquad (I$$

Die Teilfunktionen werden dadurch erhalten, daß man jede Fehlerquelle einz[...] und als allein wirksam betrachtet

1 Vertikalparallaxe als Funktion einer Verkantungsdifferenz $\Delta \varkappa$ Abb [...] zeigt (in der Projektion auf die Kartenebene) die tatsächliche azimutale Ori[...]tierung des rechten Bildes zum linken, Abb [...] die vorläufige Orientierung im Kartierungsge[...] Man erkennt, daß ein im linken Okular ein[...]stellter, in der Grundebene liegender Objektpu[...] R im rechten Okular gegen die entspreche[...] Zielmarke eine Vertikalparallaxe $p_\varkappa$ aufweist, die unmittelbar aus der Abb 218 abzulesen

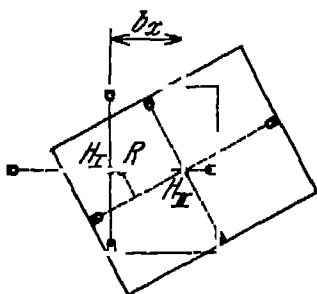



Abb 217 Azimutale Orientierung zweier Senkrechtaufnahmen (Relative Verkantung)

$$p_\varkappa = x \quad \operatorname{tg} \varkappa$$

genahert also

$$p_\varkappa = \Delta \varkappa \quad x$$

oder mit Bezug auf den Nadirpunkt der ersten ([...]ken) Aufnahme als Koordinatenursprung

$$p_\varkappa = \Delta \varkappa \quad (b_x - x)$$

Der Einfluß eines Verkantungsfehlers ist an allen Punkten der Kartenebene, [...] Ausnahme der Hauptpunktprojektion (des Nadirpunktes) der zu orientieren[...] Aufnahme, wirksam, am stärksten auf Punkten in der Grundebene, hier wä[...] er proportional der auf den Nadirpunkt des rechten Bildes bezogenen Absz[...] erreicht sein Maximum also in der Nähe des Nadirpunktes der linken Aufna[...] ($x \leqq 0$, bezogen auf den [...]ken Standpunkt)

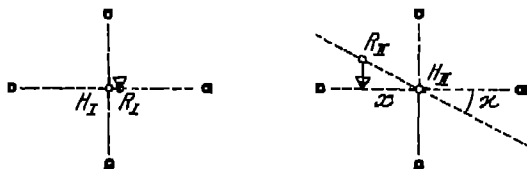



Abb 218 Vertikalparallaxe infolge Verkantungsdifferenz

2 Vertikalparallaxe [...] Funktion einer Flughö[...]differenz Δb_y Man denkt [...] durch den (linken) Sta[...]punkt I eine vertikale Sei[...]rißebene (yz-Ebene) gel[...] deren Spur in der Kar[...]ebene z sei (Abb 219) IR sei ein in der Seitenrißebene gelegener Bildstr[...] mit ihm fällt die Seitenrißprojektion des entsprechenden Bildstrahles [...] zusammen, wenn beide Aufnahmen gleiche Flughohe hatten Verändert [...] jetzt die Flughöhe der Aufnahme vom (rechten) Standpunkt II um $+$[...] so durchstößt der Bildstrahl IIR die Kartenebene im Punkte R_{II} Für [...] Vertikalparallaxe $R_I R_{II} = p_y$ folgt somit aus der Figu[...]

$$p_y = \Delta b_y \ \frac{z}{y}$$

Der von der Punktabszisse unabhängige Einfluß eines Hohenfehlers verschwi[...] also für Objektpunkte in der Grundebene ($z = 0$), er wächst mit zunehme[...] Punktordinate z und ändert mit dieser das Vorzeichen

3 Vertikalparallaxe als Funktion einer Kippungsdifferenz $\Delta \nu$ Neigt [...] die als achsparallel zur ersten (linken) Aufnahme gedachte zweite Aufna[...]

m den Winkel $\Delta\nu$ und betrachtet dabei wieder einen in der Seitenrißebene elegenen Objektpunkt R, so ergibt sich an Hand der Abb 220 für die Vertikal-arallaxe $R_I R_{II} = p_\nu$ zunächst die Beziehung

$$p_\nu = \frac{m}{\cos\tau}$$

us der mit

$$m = s \quad \Delta\nu$$

$$\cos\tau = y \quad s$$

olgt

$$p_\nu = \frac{s^2 \quad \Delta\nu}{y}$$

a nun

$$s^2 = y^2 + z^2$$

hat man schließlich

$$p_\nu = \Delta\nu \quad \left(y + \frac{z^2}{y}\right) \tag{3}$$

er ebenfalls von der Punktabszisse unabhängige Einfluß einer Kippungs-

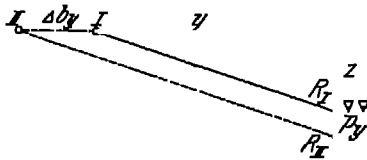



Abb 219 Vertikalparallaxe infolge Flughöhendifferenz

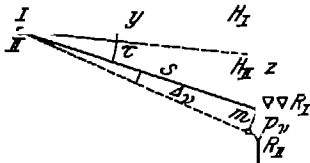



Abb 220 Vertikalparallaxe infolge Querneigungsdifferenz

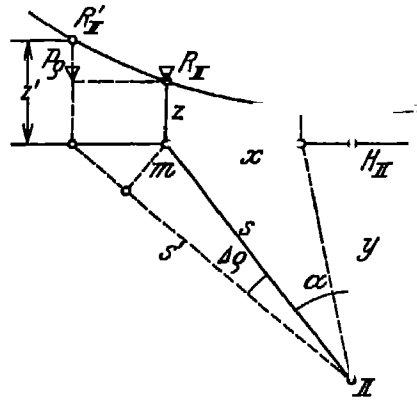



Abb 221 Vertikalparallaxe infolge Längsneigungsdifferenz

ifferenz ist auf allen Punkten des Bildfeldes und im gleichen Sinne wirksam, wächst mit dem Quadrate der Punktordinate

4 Vertikalparallaxe als Funktion einer Verschwenkungsdifferenz $\Delta\varrho$ erschwenkt man die als achsparallel zur ersten (linken) Aufnahme also lot-echt gedachte zweite Aufnahme um den Winkel $\Delta\varrho$, so wird der Durch-oßpunkt R_{II} eines von II ausgehenden Bildstrahles durch die Kartenebene ine neue Lage R'_{II} einnehmen Die hierdurch bedingte Änderung der Punkt-rdinate z entspricht der durch $\Delta\varrho$ bewirkten VP Zur Veranschaulichung der erhaltnisse denken wir uns die beiden Lagen des Bildstrahles $II \ R_{II}$ in die rundebene projiziert und diese Ebene in die Kartenebene umgelegt (Abb 221) ie Lagekoordinaten des (richtigen) Kartenpunktes R_{II} seien x und z, der Hori-ontalwinkel des Bildstrahles $II \ R_{II}$ gegen das Aufnahmelot $II \, H_{II}$ sei α Der eigungswinkel des Bildstrahles gegen die Grundebene sei τ Fur die Vertikal-arallaxe p_ϱ gilt zunachst

$$p_\varrho = z' - z$$

Da nun bei der Verschwenkung des Strahles $II \ R_{II}$ sein Neigungswinkel egen die Grundebene unverandert blieb, so gilt

$$\operatorname{tg}\tau = \frac{z}{s} = \frac{z'}{s'}$$

woraus folgt
$$z' = \frac{s'}{s} z$$

Für s' ergibt sich genügend genau
$$s' = s + m \operatorname{tg} \alpha = s + s \Delta \varrho \operatorname{tg} \alpha = s\left(1 + \Delta \varrho \frac{x}{y}\right)$$

Damit wird
$$z' = \left(1 + \Delta \varrho \frac{x}{y}\right) z = z + \Delta \varrho \frac{x z}{y}$$

und schließlich
$$p_\varrho = \Delta \varrho \frac{x z}{y}$$

oder mit Bezug auf den Nadirpunkt der linken Aufnahme als Koordinate ursprung
$$p_\varrho = \Delta \varrho \frac{(b_x - x) z}{y} \qquad ($$

Ein Verschwenkungsfehler ist also — ahnlich wie ein Hohenfehler — unwirksa für Objektpunkte in der Grundebene ($z = 0$), außerdem aber noch fur alle Punk in der Vertikalebene (Seitenrißebene) durch den zweiten Standpunkt ($x = b$ Seine maximale Größe, und zwar mit entgegengesetztem Vorzeichen, erreic der Verschwenkungsfehler in der linken oberen u unteren Ecke des Bildfeldes, da hier $(b_x - x)$ seinen Höchstwert annimmt

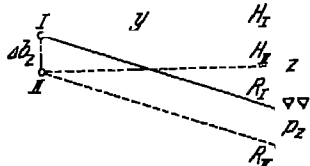



Abb 222 Vertikalparallaxe infolge Abtrift

5 Vertikalparallaxe als Funktion einer V lagerung des Standpunktes gegen die Grundebe Δb_z Verschiebt man die wiederum als achsparal zur ersten (linken) Aufnahme gedachte zweite A nahme quer zur Flugrichtung — im Kartierun gerat also vertikal — so ergibt sich aus der Seit rißprojektion (Abb 222) zweier zusammengehöriger Bildstrahlen $I\,R_I$ b $II\,R_{II}$ unmittelbar
$$p_z = \Delta b_z$$

Ein derartiger Orientierungsfehler beeinflußt also alle Kartenpunkte in vo gleicher Weise

Setzt man jetzt die aus den Gleichungen (1) bis (5) hervorgegangenen We für die Teilparallaxen in die Gleichung (II') ein, so ergibt sich fur die unter E wirkung sämtlicher Orientierungsfehler an einem beliebigen Punkt auftrete Totalparallaxe p
$$p = \Delta \varkappa \, (b_x - x) + \Delta b_y \frac{z}{y} + \Delta \nu \left(y + \frac{z^2}{y}\right) + \Delta \varrho \, (b_x - x) \frac{z}{y} + \Delta b_z \qquad (I$$

An Stelle der an sich natürlich möglichen rechnerischen Ermittlung der Kor tionen (durch Messung der totalen VP an funf geeignet gewählten Punk des Gesichtsfeldes ergeben sich funf Bestimmungsgleichungen fur die unbekann Korrektionen) soll die optisch-mechanische Ermittlung treten Hierzu ben man die oben gemachte Feststellung, daß sich die Fehlereinflusse am mei an Objektpunkten auswirken, die entweder in der Grundebene oder in den (ve kalen) Seitenrißebenen durch die beiden Standpunkte liegen Zu Beginn Arbeit bringt man das Bild eines Objektpunktes in der Nahe des Bildhau punktes des rechten Meßbildes durch Verschiebung des rechten Basisendpunl in der x-Richtung in eine Vertikale mit dem entsprechenden Bildpunkt linken Meßbildes und beseitigt die auftretende VP, wenn notig, entweder du Kippung des rechten Bildtragers oder durch eine Verschiebung Δb_z des rech

ısısendpunktes ın der z-Rıchtung[1] Dann sucht man eınen Objektpunkt ın r Nähe des Nadırpunktes der lınken Aufnahme und beseıtıgt dıe hıer auftretende ᵓ restlos durch entsprechende Verkantung der rechten Platte Dıe azımutale ılatıvorıentıerung ıst hıermıt endgültıg gefunden

Da für dıe Totalparallaxe am Nadırpunkt der rechten Aufnahme ($x = b_x$) ch Gleıchung (III) allgemeın gılt

$$p = \Delta \nu \; y + \Delta b_z \qquad \text{(a)}$$

ızt aber ınfolge der oben angegebenen Maßnahmen $p = 0$ ıst, so folgt dıe ızıehung

$$\Delta b_z = -\Delta \nu \; y \qquad \text{(b)}$$

ır eınen Punkt ın der Seıtenrıßebene durch den rechten Standpunkt ($x = b_x$) t möglıchst großer posıtıver Ordınate z_0 gılt allgemeın nach Gleıchung (III)

$$p_0 = \Delta b_y \; \frac{z_0}{y} + \Delta \nu \; \left(y + \frac{z_0^2}{y}\right) + \Delta b_z$$

ıd ın Verbındung mıt (b)

$$p_0 = \Delta b_y \; \frac{z_0}{y} + \Delta \nu \; \left(y + \frac{z_0^2}{y}\right) - \Delta \nu \; y$$

er

$$p_0 = \Delta b_y \; \frac{z_0}{y} + \Delta \nu \; \frac{z_0^2}{y} \qquad \text{(c)}$$

ıe Beseıtıgung dıeser VP kann sowohl durch Höhen (Δb_y)- als auch durch ıgungsänderung ($\Delta \nu$) vorgenommen werden Wır wählen das erstere Verhren, wenn also

$$p_0 = \Delta b_y \; \frac{z_0}{y} + \Delta \nu \; \frac{z_0^2}{y} = 0 \qquad \text{(d)}$$

ırden soll, so muß gelten

$$\Delta b_y = -\Delta \nu \; z_0 \qquad \text{(e)}$$

an sucht nun eınen weıteren Punkt ın der Seıtenrıßebene durch den rechten andpunkt aber mıt der Ordınate $z_u = -z_0$, auf Für dıesen Punkt gılt ıch (III) ganz allgemeın

$$p_u = \Delta b_y \; \frac{z_u}{y} + \Delta \nu \; \left(y + \frac{z_u^2}{y}\right) + \Delta b_z$$

ı vorlıegenden Falle also und unter Berücksıchtıgung der Bezıehungen (b) ıd (e)

$$p_u = + \Delta \nu \; z_0 \; \frac{z_0}{y} + \Delta \nu \; \left(y + \frac{z_0^2}{y}\right) - \Delta \nu \; y$$

er

$$p_u = 2 \; \Delta \nu \; \frac{z_0^2}{y} \qquad \text{(f)}$$

e dıesmal auftretende VP ıst eıne Funktıon von $\Delta \nu$ alleın, dıeser Orıentıerungsıler kann also jetzt endgültıg beseıtıgt werden Der lınearen Größe der ım

[1] Es wırd hıerbeı vorausgesetzt, daß das lınke Meßbıld keıne eıgene Verkantung fahren soll Es lıegt nun, wenıgstens beı Orıentıerung eınzelner Bıldpaare, natürlıch ın Zwang vor, dıe erste (lınke) Platte unverkantet ın das Kartıerungsgerät eınzuçen, man kann ıhr vıelmehr jede belıebıge und ınsbesondere eıne solche Verkantung ben, daß dıe Grundebene durch beıde Standpunkte geht, dıe Korrektıon Δb_z, r Abstand des rechten Standpunktes von der Grundebene, also entfällt Eınen ıherungswert für dıe dem lınken Meßbıld ın dıesem Falle zu gebende Verkantung ıdet man durch Messung des Wınkels zwıschen Markenlınıe und Verbındungslınıe r Bıldmıttelpunkte, nachdem man zweı Bıldabzüge zur Deckung gebracht hat ın verkantet dann dıe beıden Meßbılder gegenseıtıg und so lange, bıs sowohl ın der ıhe des lınken als auch des rechten Nadırpunktes keıne VP mehr auftrıtt

Bilde gesehenen VP entspricht ein Gesichtswinkel ω, der aber nicht identisch ist mit der Neigungskorrektion $\Delta\nu$. Die Beziehung zwischen beiden ergibt sich an Hand der Abb. 223. Es ist

$$\operatorname{tg}\omega = \frac{n}{S} = \frac{p_u \cos\tau}{y} \cos\tau$$

oder näherungsweise

$$p_u = \frac{y}{\cos^2\tau}\,\omega$$

Hieraus folgt in Verbindung mit (f)

$$\Delta\nu = \omega \left(\frac{y}{z_0}\right)^2 \frac{1}{2\cos^2\tau} \qquad \text{(g)}$$

Der Faktor von ω hat im Durchschnitt den Wert von ungefähr 5, mit ihm ist also der am Kartierungsgerät zu messende Winkel ω zu multiplizieren, um die Neigungskorrektion $\Delta\nu$ zu erhalten.

Wird diese Korrektion angebracht, so zeigt sich im Punkte $x = b_x$, $z = ($ (also nahe dem Nadirpunkt der rechten Aufnahme), entsprechend der Beziehung (a) eine Vertikalparallaxe p', für die gilt

$$p' = \Delta b_z \qquad \text{(h}$$

Nach ihrer Beseitigung verbleibt im Punkte $x = b_x$, $z = z_0$ entsprechend der Beziehung (c)

$$p_0 = \frac{z_0}{y}\,\Delta b_y \qquad \text{(i}$$

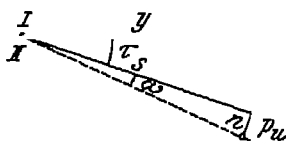



Abb. 223. Ermittlung der Querneigung aus p_u.

welche VP nun ebenfalls endgültig zu beseitigen ist. Damit sind alle Punkte in der Haupthorizontalen und in der Hauptvertikalen im zweiten Standpunkt frei von Vertikalparallaxen. Als letzter der zu eliminierenden Orientierungsfehler bleibt die Längsneigungs- (Verschwenkungs-) Korrektion

$$p_0 = \frac{(b_x - x)\,z}{y}\,\Delta\varrho,$$

die ihr Maximum in der Hauptvertikalen der linken Aufnahme ($x \leqq 0$), und zwar in den Bildfeldecken erreicht, die hier sichtbare restliche VP wird im allgemeinen durch horizontale Verschwenkung des rechten Bildträgers gegen den mit ihm verbundenen Lenker erzielt.

Der ersten Durchführung des Verfahrens muß unter Umständen eine Wiederholung folgen, falls sich noch kleine Reste von Vertikalparallaxen zeigen, entsprechend dem Umstand, daß die dem Orientierungsvorgang zugrunde liegenden Beziehungen nicht völlig streng sind.

[1] Bei der Herstellung der Orientierung gemäß den Gleichungen (a) bis (i) da selbstverständlich der Abstand y der Schirm- bzw. Kartenebene nicht verändert werden. Will man also zur unmittelbaren Vergleichung den auf seine VP zu untersuchenden im linken Okular an der Meßmarke stehenden Bildpunkt im rechten Okular in die Vertikale durch die rechte Meßmarke bringen (vgl. Abb. 216), so da das nur durch proportionale Änderung der eingestellten Basiskomponenten (d. durch Parallelverschiebung des rechten Bildstrahlenbündels längs der Raumbasis geschehen. Das ist besonders zu beachten, wenn das Gelände in Richtung der rechten Bildvertikalen größere Höhenunterschiede aufweist. In gewissen Fällen (nämlich bei Bildpaaren mit quer zur Flugrichtung geneigten Achsen, mit Nadirdistanz zwischen etwa 10° und 80°), könnte man allerdings, wie an Hand der Beziehung (2), (3) und (4) leicht zu erkennen ist, die Relativorientierung zweckmäßig auch durch systematische Änderung von z und y erzielen.

Die unvollständige Beseitigung der VP erzeugt Deformationen des Modells bewirkt beispielsweise ein Verschwenkungsfehler eine Biegung in der Flug-
itung, ein Kippungsfehler eine hyperboloidische Deformation Nun kann
n aber unter Umständen beobachten, daß auch bei restloser Beseitigung der VP
Modelloberfläche Deformationen aufweist Diese sind darauf zurückzuführen,
ß die auftretenden und zunächst auch eliminierten VP aus zwei Komponenten
ildet werden, deren eine (zu beseitigende) wir die Orientierungskomponente,
d deren zweite (übrig bleibende) wir die Deformationskomponente nennen
e letztere ist die Folge einer mangelhaften Apparatejustierung, einer ungleich-
ßigen Veränderung (Schrumpfung) des Aufnahmematerials und eines Unter-
iedes in den Verzeichnungsfehlern von Kammer- und Bildträgerobjektiven
ie Trennung beider Komponenten kann praktisch nur mittelbar geschehen,
nlich durch Heranziehung der Abmessungen am (orientierten) Modell

β) Maßstabsbestimmung und Horizontierung des optischen Modells Die
ßstabsbestimmung geschieht durch Vergleich einer (möglichst großen) Raum-
ecke S' des optischen Modells mit der entsprechenden Strecke S des Objektes
n kartiert zu diesem Zweck zwei im Modell identifizierte Festpunkte 1' und 2'
d liest an der Höhenmeßeinrichtung die Höhen H'_1 und H'_2 (in mm) ab Aus
n Abstand S'_0 der Festpunktprojektionen (in mm) und der Differenz
$_1 - H'_2 = d'$ der beiden gemessenen Höhen findet man zunächst

$$S' = \sqrt{S_0'^2 + d'^2}$$

er meist genügend genau

$$S' = S'_0 + \frac{d'^2}{2 S_0'} \qquad (1)$$

nter ergibt sich aus den Differenzen Δx und Δy der Lagekoordinaten der
stpunkte (in m) die Länge der wahren Horizontalprojektion der Raumstrecke

$$S_0 = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

d mit der Differenz d der wahren Höhe H_1 und H_2 dieser Punkte die Raum-
ecke selbst (in m)

$$S = \sqrt{S_0^2 + d^2}$$

er meist genügend genau

$$S = S_0 + \frac{d^2}{2 S_0} \qquad (2)$$

mit ist das Maßstabsverhältnis 1 m' des vorliegenden Modells

$$\frac{1}{m'} = \frac{S'}{1000\, S}$$

ll das Modell auf einen bestimmten Maßstab 1 m gebracht werden, so muß
Modellstrecke S' mit Hilfe eines Reduktionsfaktors r auf eine bestimmte
öße gebracht werden Der Faktor folgt aus der Beziehung

$$\frac{1}{m} = \frac{r\; S'}{1000\, S}$$

ist also

$$r = \frac{1000\, S}{m\; S'} \qquad (3)$$

t diesem Faktor werden alle drei am Kartierungsgerät abzulesenden Basis-
mponenten multipliziert und dann erneut eingestellt Damit wird das aus drei
kannten[1] Festpunkten gebildete, im Maßstab 1 m verjüngte Dreieck z B
Punkte 1, 2 und 3 dem entsprechenden Dreieck 1', 2' und 3' im Modell
ngruent

[1] Von dem dritten Festpunkt braucht, wie auf S 181 gezeigt wurde, nur die
he bekannt zu sein

Zur Bestimmung der Modellneigung und der Richtung dieser Neigung man sich das verjüngte Objektdreieck so verschoben und gedreht, da die Punkte 1 und 1' sich decken und entsprechende Dreiecksseiten die azimutale Orientierung haben. In dieser Lage entspricht die Schnit beider Festpunktebenen derjenigen Achse, um die das Modell bis zur ri Lage zum Horizont zu neigen ist. Der Neigungswinkel ist gleich dem zwischen beiden Ebenen. Da diese in beliebiger Richtung auftretende N in den Kartierungsgeräten im allgemeinen durch Neigung des Modells u feste Achsen, nämlich um eine Parallele zur x-Achse und um eine Paral z Achse zu beseitigen ist, so interessieren weniger der totale Neigung als vielmehr seine Projektionen auf die yz-Ebene (Modellkippung δ_ν) die xy-Ebene (Modellverschwenkung δ_ϱ).

Man stellt hierzu zunächst folgende Tabelle auf

Fest-punkte Nr	Objekthöhen: Original m	auf Punkt 1 reduziert m	im Maßstab 1 : m mm	Modellhöhen: Original mm	auf Punkt 1' reduziert mm	H abw
1	H_1	0	0	H_1'	0	
2	H_2	$H_2 - H_1 = \Delta_2$	$\frac{1000}{m} \cdot \Delta_2 = \delta_2$	H_2'	$H_2' - H_1' = \delta'$.	$\delta_2 -$
3	H_3	$H_3 - H_1 = \Delta_3$	$\frac{1000}{m} \cdot \Delta_3 = \delta_3$	H_3'	$H_3' - H_1' = \delta_3$	$\delta_3 -$

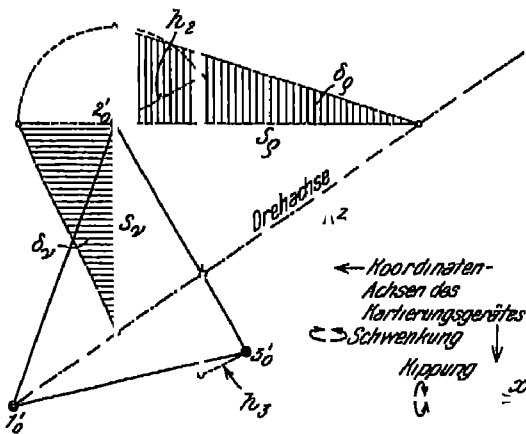



Abb 224 Horizontierung des optischen Modells

Mit den Zahlen der Spalte findet man an Hand Auswertegerat kartierten Pr $1'_0 2'_0 3'_0$ des Modelldreiecks die Drehachse im allgemein nugend genau durch die Abb 224 angedeutete Konst Legt man dann durch einen d eckspunkte (z B $2'_0$) Vertika parallel zu den Koordinate des Kartierungsgerates, so e diese die gesuchten Komp δ_ν und δ_ϱ, wobei

$$\operatorname{tg} \delta_\nu = \frac{h_2}{S_\nu}$$

und

$$\operatorname{tg} \delta_\varrho = \frac{h_2}{S_\varrho}$$

Um diese Winkel, die sich im allgemeinen am einfachsten mit dem Rechen ermitteln lassen, sind zunächst beide Bildträger zu kippen,[1] bzw

[1] Hinsichtlich der Kippung ist dieses Verfahren nur dann exakt, w Kammerachsen keine Verschwenkung hatten, die Kippung der Bildträger sächlich wie vorgeschrieben, um die x-Achse erfolgt, mit der die Kippachsen d träger im Falle nicht verschwenkter Aufnahmen zusammenfallen. Die an sich ergebende Deformation des optischen Modells ist bei Senkrechtaufna gering, daß sie bei der Wiederholung des Orientierungsverfahrens mit werden kann. Bei stark konvergenten Aufnahmen ist vor der Kippung die Proj des Kippungswinkel δ_ν auf die yz-Ebene nach der Formel

$$\delta_\nu' = \delta_\nu \cdot \cos \varrho$$

zu berechnen, worin ϱ die Verschwenkung des betreffenden Bildträgers ist

venken [1] Die entsprechende, außerdem notwendige Kippung und Verschwen-g der Raumbasis, die an sich durch Berechnung und Einstellung der Projektio-der gedrehten Basis[2] auf die Koordinatenachsen herbeizuführen wäre, wird bei l- und Senkrechtaufnahmen praktisch und zweckmäßig indirekt vorgenommen, m man nach Kippung und Verschwenkung der Bildträger den Einpaß-,ang wiederholt und so das Modell — vorzugsweise durch Änderung von b_y b_z — wieder gewinnt Der gesamte Einpaßvorgang dauert, einschließlich Wiederholung bis zur exakten maßstabsgerechten Herstellung des Modells, in länger als zwei Stunden [3]

Die geschilderte Methode ist ohne weiteres auch anwendbar auf ungefähr rechte Aufnahmen steiler, das ganze Bildfeld ausfullender Berghange, also i auf Flugaufnahmen in breiten Hochgebirgstälern Bei Schrägaufnahmen Neigungen zwischen 10° und 80° (vgl auch S 190, Anm 1) kann die iode ebenfalls Verwendung finden, hier wird man die Bildpaare zunachst Senkrechtaufnahmen behandeln, also mit vertikaler Bildebene in das Kar-ingsgerat einlegen und gegenseitig orientieren Die absolute Orientierung gt durch eine gemeinsame Verkantung und eine großere gemeinsame oung des Modells Hier mussen nun die durch die räumliche Drehung ngten neuen Basiskomponenten genau berechnet[4] und sorgfaltig eingestellt len, da nach der Drehung eine einfache Möglichkeit zur Eliminierung der retenden Restparallaxen nicht mehr besteht Infolgedessen verliert hier Verfahren wesentlich an Bedeutung und wird, wie schon erwähnt, zweck-ig durch das Koinzidenzverfahren ersetzt

C. Orientierung von Bildgruppen Aerotriangulation

Zur Überdeckung eines bestimmten Gebietes mit Flugaufnahmen ist fur i vorgeschriebenen Bildmaßstab eine bestimmte Anzahl von Bildpaaren ; (s S 224), die beispielsweise bei doppelt so großem Bildmaßstab viermal er werden Entsprechend wachst auch, falls die Bildpaare getrennt und ohangig voneinander zum Horizont (bzw Meridian) orientiert werden, die dei erforderlichen Festpunkte

Die recht betrachtlichen Kosten und der Zeitaufwand fur eine gesonderte legung aller dieser Punkte oder auch nur, falls das vorhandene Punktnetz gend dicht sein sollte, fur die nachtraglichen Anschlußmessungen benach-ər in den Bildern identifizierbarer Punkte können zwar dem phototopo-hischen Verfahren seine Überlegenheit uber die ublichen Verfahren (wenig-i bei mittleren und kleinen Maßstaben) nicht nehmen, wirken sich aber in verschiedener Beziehung sehr ungunstig aus, so insbesondere bei der iahme schwer zuganglicher Gebiete

---

[1] Über den Drehsinn, in dem die entsprechenden Einstellungen der Bildträger nehmen sind, ist man sich im allgemeinen ohneweiters klar, für den Beobachter Aerokartographen gilt die einfache Regel Neigung in Richtung der Steigung, venkung in Richtung der Senkung des Modells

[2] O v Gruber, Einfache und Doppelpunkteinschaltung im Raum, S 50

[3] Auch hier ist darauf hinzuweisen daß die vorherige Beschaffung von Nahe en für die Orientierung sei es durch Maßnahmen bei der Aufnahme (Libellen dung, Kreiselorientierung) oder durch rechnerische, graphische oder mechanische ihren, zwecklos ist bzw in keinem Verhältnis zu den aufgewendeten Kosten Das Zeitraubende bei der Einpassung ist immer nur die Feinorientierung, die i jene Behelfsmittel nicht überflüssig wird

[4] Die Berechnung ist trotz der dafür angegebenen graphischen Hilfsmittel sehr ändlich, vgl hierzu O Lacmann ZS f Verm 57, 1928, S 497

Die wirtschaftliche Bedeutung und die Anwendbarkeit der Luftph grammetrie wird darum eine wesentliche Steigerung erfahren durch Entwick von Methoden, die eine engmaschige Triangulation entbehrlich machen

Eine völlige Unabhängigkeit von Festpunkten auf der Erde ist — wenig bei dem jetzigen Stand der Technik — praktisch nicht möglich Trotzden es an Vorschlägen nach dieser Richtung nicht gefehlt Einige Erfinder versucl die Aufnahmebasis starr auszubilden und ihre Orientierung zum Lot und Mer automatisch direkt oder indirekt zu bestimmen Hierher gehört der wohl fu meisten vorbildlich gewesene Versuch Thieles, zwei Ballonkammern miteinander zu verbinden (vgl S 149) und bei gleichzeitiger Auslösung Verschlüsse den Stand eines Federbarometers, einer Libelle und einer Bu mitabzubilden Später wurde vorgeschlagen, die beiden Kammern im Bug, Heck eines Luftschiffes oder in die Enden der Tragdecks von Flugzeugen[1] e bauen und bei der Aufnahme u a auch den Stand der Sonne photograp festzulegen (s auch S 106) Um den Nachteil der im Verhältnis zur pral erforderlichen Flughöhe stets kleinen starren Basis zu vermeiden, schlug zuerst A Klingatsch[2] die gleichzeitige Verwendung von zwei Flugzeuge Doppelkammern vor, bei deren drahtloser Verschlußauslösung sowohl Gelände als auch die Lage des gegnerischen Flugzeuges festgelegt werden s Den gleichen Gedanken ließ sich später H Boykow[3] patentieren, der si der Folgezeit auch mit der Konstruktion entsprechender Aufnahmeapp befaßte Ein ähnliches Verfahren wurde schließlich noch von L E W Albada[4] angegeben

Die Überbrückung festpunktloser Räume wird praktisch möglich, man an den aus dem Bildinhalt eines Paares konstruierten Geländeabs ein benachbartes Bild oder Bildpaar anschließt und das Verfahren bis zu gewissen, durch Fehleranhäufung bedingten Grenze fortsetzt, also an der getrennten und unabhängigen Orientierung einzelner Bildpaare die ge same Orientierung ganzer Bildgruppen bzw Bildpaargruppen verwendet

An den zur Zeit existierenden, hinsichtlich ihrer praktischen Bede freilich nicht gleichwertigen diesbezüglichen Methoden unterscheiden wi Gruppen, die beide im allgemeinen von der Orientierung eines Anfan paares nach gegebenen Festpunkten ausgehen Bei der einen Gruppe w über den durch Rückwärtseinschneiden gewonnenen Standpunkt des bildes oder Folgebildpaares hinweg durch Vorwärtseinschneiden neue Fest bestimmt, die wiederum zur Standortsbestimmung weiterer Bilder Rückwärtseinschneiden dienen (wechselweises Rückwärts und Vorwä schneiden, Einschneidemethoden), für die zweite Gruppe ist kennzeic daß die zweckmäßig in Streifenform aufeinanderfolgenden Einzelbilder jeweils vorhergehende absolut orientierte Bild relativ (meist[5] nach dem Para

[1] Vgl H Krutzsch, D R P Nr 424500

[2] A Klingatsch, Int Arch f Photogramm 5, 1919, S 253 Jannahef

[3] Lufttopographisches Verfahren D R P Anmeldung (Aktenzeich O 1114 29 Aug 1919

[4] L E W van Albada, Phot Korr 64, 1928, S 231

[5] Hierher gehört in gewissem Sinne auch ein von S Finsterwalder (A neue Hilfsmittel der Landesvermessung, München 1917) vorgeschlagenes, pr allerdings nicht in Betracht kommendes rechnerisches Verfahren, bei dem gesetzter Anwendung des Kernpunktverfahrens (S 180) und unter Zuhilf von Richtungen nach der Sonne ein orientiertes Modell aus einer größeren Bil gewonnen und an Hand von (mindestens) zwei Festpunkten auf den vorgeschr Maßstab gebracht wird

erfahren) ausgeschlossen werden Die Überbruckung erfolgt hier also durch
neinanderreihen von (orientierten) Modellabschnitten (Modell- oder Raum-
ildmethoden)

Das Einschneiden (erste Gruppe) geschieht entweder räumlich (nach Schrag-
ufnahmen) oder eben (nach Senkrechtaufnahmen oder transformierten Schrag-
ufnahmen), wobei im letzteren Falle natürlich nur die Horizontalprojektion der
eupunkte erhalten wird (Nadirpunkttriangulation nach SCHEIMPFLUG)

Bei der zweiten Gruppe erfolgt die Relativorientierung der Folgebilder
itweder gegen das zuvor rechnerisch orientierte Teilbild einer divergenten
oppelaufnahme (Koppelreihe) oder unmittelbar und rein optisch gegen eine
orhergehende vertikale Einzelaufnahme (Normalreihe)

48 Räumliches Einschneiden Das Verfahren ist eine spezielle Anwendung
er Meßtischphotogrammetrie (vgl S 44 und insbesondere Abb 60) Auf
rund eines Schrägbildpaares, das mit Hilfe von Festpunkten im Vordergrund
er Einzelbilder orientiert wurde, lassen sich weitere Punkte im Hintergrund
estimmen, die ihrerseits wieder zur Orientierung von weiteren Schragbildpaaren
erwendung finden konnen Die Orientierung wird dabei wesentlich erleichtert
id das Verfahren wird ergiebiger, wenn man, nach dem Vorschlag von J TH
ACONEY[1] eine Doppelkammer benutzt, die aus einer langbrennweitigen Hori-
ntalkammer und einer kurzbrennweitigen Vertikalkammer besteht und deren
erschlüsse gleichzeitig ausgelost werden

Das Verfahren kann wertvoll sein zur Überbruckung von Meeresarmen,
ich fur gewisse militärische Aufgaben ist es vorteilhaft Fur eine Netzverdich-
ng ganz im allgemeinen ist es wegen der beträchtlichen flugtechnischen
hwierigkeiten[2] und der sehr ungunstigen Fehlerfortpflanzung nicht geeignet
e aus den Schragaufnahmen gewonnenen Neupunkte sind in den Folgebildern
ir ungenau zu identifizieren Ein umfangreicher Versuch zur Erprobung des
erfahrens wurde 1921 im Auftrag der hydrographischen Abteilung des hollandi-
hen Marineministeriums von R HUGERSHOFF durchgefuhrt[3] Infolge der
bei vorgeschriebenen — praktisch nicht zutreffenden — Annahme, daß das
ersuchsgelande völlig eben sei, wurden nur Einzelbilder, nicht Bildpaare be-
itzt und aus ihnen mit dem Autokartographen bei monokularer Beobachtung
93) die Situationslinien gezeichnet

49. Nadirpunkttriangulation nach Scheimpflug.[4] Das Prinzip des Verfahrens
irde bereits auf S 38 und S 149 dargestellt Kurz zusammengefaßt setzt seine
r zur Horizontalprojektion der neu bestimmten Punkte fuhrende Anwendung
nachst voraus, daß die zweckmaßig streifenformig angeordneten Aufnahmen
h in der Flugrichtung um mehr als 50% uberdecken, so daß auf jeder Auf-
hme diejenigen Gelandepunkte abgebildet sind, die dem Nadirpunkt der
rhergehenden und der folgenden Aufnahme entsprechen Weiterhin wird
rausgesetzt, daß die Bilder genugend genau senkrecht aufgenommen wurden
ib 225 zeigt drei aufeinanderfolgende zunächst genau wagrecht gedachte
lder, in denen die drei (hier mit den Hauptpunkten identischen) Nadirpunkte

[1] Vgl u a TH SCHEIMPFLUG, Int Arch f Photogramm 2 1909, S 34 Trotz
ser Vorveroffentlichung hat M GASSER auf das Verfahren spater ein Patent er-
lten (D R P Nr 304307)

[2] E R KRAEMER, Allg Verm Nachr 40, 1928 S 361

[3] N LUYMES Mededeeling over de in Nederland gehouden proeven met Phot
Vliegtuigen, Haag 1922

[4] Vgl S 38, Anm 1 Eine gute Darstellung der Ausgestaltung des Verfahrens
die topographische Praxis (in Verbindung mit barom Höhenmessungen) gibt
HOTINE, Simple methods of surveying from Air Photographs, London 1927

$I_0\,II_0\,III_0$ und die Bilder der Nadirpunkte der jeweilig benachbarten Aufnahme außerdem aber die Abbildungen zweier Objektpunkte A und B besonders hervorgehoben sind, die auf allen drei Bildern zur Darstellung kommen, d h in dem dreifach überdeckten Geländestreifen liegen Die Richtungen (Radianten) von den Nadirpunkten nach den gegnerischen Standpunkten bzw den identifizierten Objektpunkten entsprechen gemaß der Voraussetzung drei Satzen von horizontalen Richtungen, die, etwa auf Pauspapier ubertragen und entsprechend gegeneinander orientiert, ein rautenähnliches Fünfeck (Abb 226) ergeben, durch das die gegenseitige Lage der drei Standpunkte und der beiden Neupunkte bis auf den Maßstab bestimmt ist Dabei ist bemerkenswert, daß das Funfeck eine uberschüssige Messung enthält, beispielsweise könnte zur Festlegung der Figur der Strahl 10 wegfallen Vereinigt man weitere Flugbilder, so ergibt sich (durch die in Abb 225 schon angedeuteten weiteren horizontalen Richtungen) eine Kette von Rauten, bzw Dreiecken (Abb 22...), die auf Grund der vorhandenen Überbestimmungen erforderlichenfalls einer Ausgleichung[1] unterzogen werden kann Die Entwicklung eines Dreiecksnetzes aus mehreren nahezu parallelen Streifenaufnahmen zeigt schematisch Abb 228, in der auch angedeutet ist, daß durch Einbeziehung gegebenen triangulierten Punkte $ABCD$ neben einer Maßstabsbestimmung weitere Möglichkeiten zu einer Ausgleichung der auftretenden Fehler gegeben sind

Abb 225 Nadirpunkttriangulation Drei Folgebilder

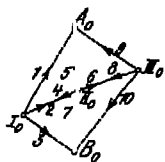



Abb 226 Allgemeines Fünfeck (Raute) aus drei Folgebildern

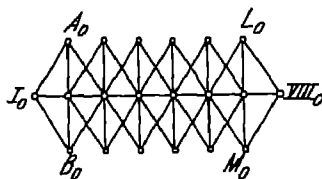



Abb 227 Rautenkette (schematisch)

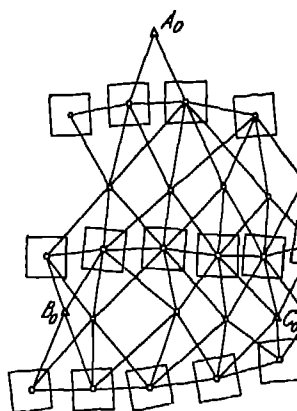



Abb 228 Allgemeines Dreiecksnetz mit Anschlußpunkten

Diese Fehler (vgl auch S 216) liegen zunachst darin, daß die in der Praxis als Scheitel der Richtungsbuschel benutzten Hauptpunkte (demzufolge das benutzte Verfahren auch Hauptpunkttriangulation genannt wird) wegen der unvermeidlichen Abweichung der Aufnahmerichtung von der Vertikalen nicht mit dem Nadirpunkt zusammenfallen Die zu erwartenden Richtungsfehler,[3] außer von der Kammerneigung auch von den Hohenunterschieden des Geländes abhangen, sind jedoch gering und betragen durchschnittlich etwa 2′

[1] Eine sehr gute Darstellung hierzu gibt J KOPPMAIR, Allg Verm -Nachr 1929, S 33

[2] Nach O v GRUBER, Bildmess u Luftbildwes 3, 1928, S 141

[3] CL ASCHENBRENNER, Mitt d Photogrammetrie G m b H Munchen 2, 1 Nr 5, P WERKMEISTER, vgl S 38, Anm 3, J KOPPMAIR, a a O, R F Ri Bildmess u Luftbildwes 4, 1929, S 86

Weitere Fehler des Verfahrens — und zwar von der gleichen Größenordnung — ıultieren aus der im allgemeinen angewandten graphischen Entnahme und ıftragung der Richtungen

Es liegt nun wenigstens theoretisch nahe, die aus der unbekannten Nadirnktslage sich ergebenden Fehler dadurch zu verringern, daß man gleichzeitig t der Aufnahme die Blase einer Libelle abbildet, hierbei hat O v GRUBER[1] zeigt, daß es vorteilhafter ist, an Stelle des Nadirpunktes selbst einen zwischen ıdirpunkt und Hauptpunkt gelegenen Punkt, den „Fokalpunkt" S, als Zentrum r Richtungsmessung zu wahlen, dessen Abstand HS vom Hauptpunkt sich gıbt aus

$$HS = f \ \mathrm{tg}\frac{\nu}{2}$$

t f als Kammerbildweite und ν als der aus dem Blasenausschlag der Libelle folnden Nadirdistanz der Aufnahmerichtung Gelingt es, letztere trotz der bekannı, allen Libellenneigungsmessern im Flugzeug anhaftenden Mängel mit der von

Abb 229 Radialtriangulator der Fa CARL ZEISS in Jena

GRUBER vorausgesetzten Genauigkeit von $\pm 1^0$ zu ermitteln, so kann es sich lohnen, die gegenseitige azimutale Orientierung der Aufnahmen und die htungsentnahme aus ihnen mit großerer Genauigkeit durchzufuhren, falls nlich eine exakte Netzberechnung beabsichtigt ist und diese mit dem aktischen Ziel im Einklang steht Die Aufgabe einer genauen Orientierung l Richtungsentnahme erfullt der von der Firma C ZEISS hergestellte „Radialıngulator"[2] (Abb 229), in dem aufeinanderfolgende Bilder unter Drehung den Punkt S und unter Zuhilfenahme des binokularen Sehens azimutal inander orientiert werden (vgl S 186) Die Orientierung ist dann vollzogen, nn sich langs der Verbindungslinie der beiden Drehpunkte keinerlei Vertikalallaxen mehr zeigen Um diese deutlich in Erscheinung treten zu lassen, werden durch optische Drehung der Bilder um 90° in Horizontalparallaxen (vgl S 92) wandelt, sie werden damit also als Tiefenunterschiede wahrnehmbar

[1] O v GRUBER Bildmess u Luftbildwes 3, 1928 S 141 Übrigens wird auch ı (wie auch bei J KOPPMAIR, a a O) die Begründung des Nadirpunktverfahrens unlich S FINSTERWALDER zugeschrieben Vgl auch M HOTINE a a O S 58

[2] O v GRUBER, a a O , vgl auch O v GRUBER, Vermessungstechn Rundsch 6, 0, S 2

Das zuerst in den Vereinigten Staaten von Nordamerika praktisch und großem Maßstab angewendete Verfahren,[1] wobei auch Mehrfachkammern (S 1 benutzt werden, deren geneigte Bilder auf die nahezu wagrechte Ebene Mittelbildes umphotographiert werden, wird dort allmählich zugunsten solc Verfahren aufgegeben, die für die Neupunkte nicht nur die Lagekoordinat sondern auch die Höhen liefern, welch letztere in bewegtem Gelände ja sel für genauere Entzerrungen (S 23), besonders aber für eine topographische A arbeitung der Bilder nicht entbehrt werden können Soll diese Ausarbeitu in geeigneten Universalgeräten vorgenommen werden, so ergibt die Benutzu der letzteren das allein zweckmäßige Verfahren der Netzverdichtung (Normalreihen, S 200)

Von wirtschaftlicher Bedeutung ist das SCHEIMPFLUG-Verfahren aber zw fellos für ganz flache Gebiete,[2] hier gibt das mit ihm geschaffene Punktnetz c gute Grundlage für die nachfolgende Bildentzerrung

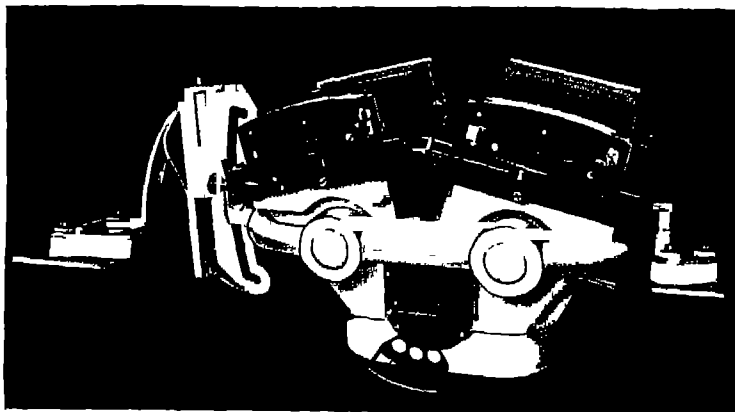



Abb 230 Koppelkammer der AEROTOPOGRAPH G m b H in Dresden

50. Koppelreihen. Zu einer Bestimmung der Raumkoordinaten d Netzpunkte innerhalb eines festpunktlosen Raumes kommt man auf ration Weise nur durch Ausnutzung des Umstandes, daß durch fortlaufend in Stri form aufgenommene Meßbilder ein zusammenhangendes Raummodell geg ist, dessen Herstellung in einfacher Weise auf optisch mechanischem W möglich ist Ein diesbezügliches Verfahren, das man als Methode der Koj reihen bezeichnen kann, wurde in allen wesentlichen Einzelheiten zuerst H WEIDINGER[3] beschrieben Das Verfahren setzt die Benutzung von starr miteinander verbundenen Meßkammern voraus (Abb 230),[4] deren ge

[1] Vgl z B Aerial photographic mapping, War Department Training regul 190—27, Washington, Jan 1926

[2] Steht ein geeignetes Universalgerät zur Verfügung, so wird dieses auc diesem Falle mit Vorteil benutzt das Punktnetz wird hier in fortlaufender raumli also nicht nur azimutaler Anpassung der Flugbilder (s S 184), unmittelbar und großer Genauigkeit gefunden

[3] Mitt d Photogrammetrie G m b H in München, 3, 1927

[4] Die für Handgebrauch bestimmte Kammer wurde von den Firmen G H bzw AEROTOPOGRAPH G m b H in Dresden für R BOSSHARDT gebaut Über dem vorliegenden Zwecke dienende, von der Firma CARL ZEISS konstruierte i matische Filmkammer s S 155

ıge Lage genau bekannt sein muß (S 164) und deren Verschlusse mit großer ıaugkeit gleichzeitig ausgelöst werden Die durch beide Kammerachsen ımierte Ebene liegt dabei in der Flugrichtung und steht im allgemeinen tikal Der Winkel α zwischen beiden Kammerachsen ist etwas kleiner als der nungswinkel ω der einzelnen Kammern in Richtung ihrer Achsebene Die ppelaufnahmen erfolgen in gleichen, von der Fluggeschwindigkeit und der ghöhe abhangigen Intervallen, die so bemessen sind, daß die von einem Standıkt in der Flugrichtung gemachte Aufnahme v (Abb 231) sich mit der in der gegengesetzten Richtung gemachten Aufnahme r vom nachfolgenden Standıkt aus völlig uberdeckt Man erhält so eine Reihe von Modellabschnitten, sich in den Anschlußstreifen *AS* uberdecken, deren Breite von der Differenz Winkel ω und α abhangt Die Ausarbeitung geht so vor sich, daß man zuhst die Aufnahmen v und r der Standpunkte I und II relativ zueinander 184) orientiert und dann mit Hilfe der gegebenen Festpunkte *ABC* auf den geschriebenen Maßstab und in die vorgeschriebene Neigung zum Horizont ıgt Da hiernach die absolute Orientierung der Aufnahme II_r bekannt ist, aßt sich mit Hilfe der bekannten gegenseitigen Orientierung beider Kammern absolute Orientierung auch der nahme II_v berechnen Die letztere nahme wird nun mit den so geıenen Daten in das Auswertegerät gelegt, wonach an sie das Meßbild optisch angepaßt wird Hält man ei die für den Standpunkt II geıene Flughohe fest, so ist das aus Aufnahmen II_v und III_r gebildete lell nicht nur zum Horizont und zum ıergehenden Modellabschnitt orient, sondern es besitzt auch den vor hriebenen Maßstab Zur Kontrolle des letzteren wird man bereits kartierte ıkte heranziehen, die im Anschlußstreifen *AS* des Bildpaares I_v—II_r liegen der bei diesem Vorgang gefundenen absoluten Orientierung des Meßbildes III_r n man — wiederum durch eine rechnerische Zwischenhandlung, — die abte Orientierung des Meßbildes III_v ermitteln usw, bis man schließlich zu m Bildpaar gelangt, das weitere gegebene Festpunkte enthalt, die zur Konle des Arbeitsergebnisses bzw zu einer Ausgleichung der auftretenden Fehler ıen konnen

Abb 231 Koppelreihen-Schema

Das zunachst Bestechende dieses Verfahrens besteht darin, daß zur optischen ativorientierung eine sehr große Bildflache mit gleichzeitig — fur monokulares wartseinschneiden markanter Punkte jedenfalls — sehr gunstigem Vernis von Basislange zur Flughohe zur Verfugung steht Die Verwendung der S 155 beschriebenen ZEISSschen Doppelkammer ergibt eine Basis, die nahezu ıso groß ist wie die Flughohe Bei der Hervorhebung dieser Vorzuge[1] werden r fast stets die großen Nachteile ubersehen, die aus der, fur eine vollige Bildrdeckung und gleichzeitig großes Basisverhaltnis selbstverstandlich notdigen, starken Konvergenz α der Aufnahmen folgen, die bei der erwahnten ppelkammer 40° betragt Eine derartige Konvergenz der Zielstrahlen verhrt aber allein schon wegen Überanstrengung des Beobachters eine exakte eoskopische Messung — ganz gleichgultig, um welche Art des Austegerates es sich handelt (vgl S 98, Anm 2) Das abnorm vergroßerte

[1] O v GRUBER, Bildmess u Luftbildwes 3, 1928, S 141

Basisverhältnis, fur das in der terrestrischen Stereophotogrammetrie ein V von etwa 1 10 schon als völlig ausreichend erkannt wurde, bringt also k Steigerung der Genauigkeit, dagegen ist eine empfindliche Genauigkeitsmi rung als Folge des zwischengeschalteten, dabei zeitraubenden Rechnungs ganges zu erwarten, der unter anderem die Konstanz der gegenseitigen Orientier der Kammern voraussetzt und die Einstellung von berechneten Daten n macht, bei der die Feinheiten der vorausgegangenen optischen Orientier im allgemeinen verloren gehen werden

Zu den besonders zu beachtenden Nachteilen konvergenter und de gegen die Vertikale geneigter Aufnahmen gehören die erschwerte oder verhind Einsicht in Bodenfalten, Waldschneisen usw und die praktische Unmöglichl solche Aufnahmen in nicht vollig ebenem Gelände fur das Entzerrungsverfal zu verwenden Im übrigen sei darauf hingewiesen, daß der komplizierte Mecha mus, der Raumbedarf und das Gewicht einer Doppelkammer auch flugtechni Schwierigkeiten mit sich bringen Praktische Ergebnisse einer Triangula mit Koppelreihen sind bisher noch nicht veröffentlicht worden

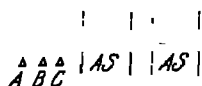
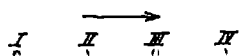



Abb 232 Normalreihen-Schema

51. Normalreihen. Samtliche eben geschild Nachteile des Verfahrens, einen festpunktlosen R durch aneinander gereihte Modellabschnitte zu u brucken, entfallen, wenn man an Stelle der konver ten Doppelaufnahmen nahezu achsparallele Ei aufnahmen, im einfachsten Falle also (genähe Senkrechtaufnahmen verwendet Die Herstellung artiger „Normalreihen" geschieht zweckmäßig einem einfachen automatischen Reihenbildner (S 1 dessen Geschwindigkeitsregler (S 236) so einges wird, daß die aufeinander folgenden Einzelbilder um etwa 60% uberdecken Diesem Überdeckungs hältnis entspricht ein mit dem Öffnungswink der Meßkammer wachsendes Basisverhaltnis von durchschnittlich 1 3 die für die stereoskopische Messung sehr gunstige Zielstrahlenkonvergenz etwa 18⁰ (Abb 232) Auch hier werden die Aufnahmen I und II zuna gegenseitig orientiert, worauf das daraus sich ergebende Modell mit H dieier Festpunkte *ABC* auf den vorgeschriebenen Maßstab gebracht horizontiert wird Im Anschluß an das jetzt absolut orientierte Meßbil ergibt sich unmittelbar die absolute Orientierung der Aufnahme im St punkt III durch rein optische Anpassung Das aus den Meßbildern II III resultierende und nun bereits orientierte Modell hat auch den vo schriebenen Maßstab, wenn bei der Relativanpassung die mechanisch ge dene Flughohe des Standpunktes II festgehalten wurde Zur Kont des Maßstabs wird man naturlich auch hier Punkte heranziehen, die im schlußstreifen *AS* des bereits hergestellten Modells aus den Aufnahmen I un liegen Das Verfahren kann uber eine gewisse Strecke fortgesetzt werden, mch im letzten Aufnahmepaar dieser Reihe abgebildete Festpunkte ermoglic dann auch hier eine Arbeitskontrolle bzw Fehlerausgleichung

Ein Nachteil dieses Verfahrens gegenuber dem Verfahren der Koppelr besteht scheinbar darin, daß bei ihm zur Überbruckung einer bestimmten Str (bei ungefahr gleicher Anzahl der Aufnahmen) etwa doppelt soviel Mode schnitte aneinander zu reihen sind Ein wirtschaftlicher Nachteil etwa d Verlangerung der Arbeitsdauer wird durch diesen Umstand nicht bedi da die rein optische Anpassung mindestens doppelt so schnell durchzufu ist wie die optische Anpassung einschließlich der beim Koppelverfahren

ndigen zwischengeschalteten Orientierungsberechnung Wohl steht aber zu ürchten, daß jetzt durch die vergrößerte Zahl der Anreihungen wegen der jeder derselben möglichen Fehler ein wesentlich größerer Abschlußfehler ftritt als beim Koppelverfahren Bei letzterem resultieren die Fehler der reihung hauptsächlich daraus, daß die aus Ablesungen an den Kreisen des rtierungsgerätes berechneten Orientierungsdaten der zweiten Koppelaufnahme ieut eingestellt werden müssen, es ist praktisch unmöglich, daß eine so ielte indirekte Orientierung noch die gleichen Feinheiten aufweist, wie sie der unmittelbaren optischen Anpassung der ersten Koppelaufnahme erhalten rden Ähnliche Fehler treten zunächst auch bei Normalreihen auf, hier nämlich die absolut orientierte Platte z B II, die etwa im rechten Bildträger Kartierungsgerätes liegen soll, vor der Anpassung des Bildes III in den leren (linken) Bildträger einzulegen, da ja die Folgebilder im Kartierungsat zur Erzeugung des optischen Modells in der gleichen Lage zu einander anrdnet werden müssen, die sie bei der Aufnahme hatten Diese Bildumlegung e durch eine Verkantung um 180° ersetzt werden kann, vgl unten, Anm 2), ordert aber eine Ablesung der gefundenen Orientierungsdaten und eine Wiederstellung derselben, bedingt also ebenfalls eine Vernichtung der Orientierungsiheiten Hier hat nun R Hugershoff[1] eine optische Einrichtung zur Umirung des Stereoeffektes angegeben (vgl auch S 85 und S 103), die in rbindung mit einer entsprechenden Verstellbarkeit des b_x Schlittens des rtierungsgerätes gestattet, das absolut orientierte Meßbild, z B II, unruhrt[2] in seinem Bildträger zu lassen und das nun standortsverkehrt einegte Folgebild z B III, direkt, also ohne jede Zwischenschaltung von Abingen und Einstellungen, an das orientierte Bild anzupassen Hierdurch wird ien einer weiteren Beschleunigung des Arbeitsganges eine derartige Veriderung der Anreihungsfehler erzielt, daß die Vergrößerung der Modellzahl leutungslos wird Diese zunächst theoretischen Erwägungen werden vollauf ch die Praxis (s S 215) bestätigt

Daß das Verfahren hinsichtlich der Lage der neu bestimmten Punkte r gute Resultate ergeben muß, folgt schon aus den über die Genauigkeit Nadirpunktverfahrens angestellten Betrachtungen, hier kommt hinzu, 3 das Verfahren der Normalreihen eine Verfeinerung der Nadirpunkttrianguon insofern darstellt, als die Lagekoordinaten nicht aus nur teilweise (nämlich mutal), sondern aus vollkommen orientierten Bildern entnommen werden ch hinsichtlich der sehr wichtigen Höhen der Neupunkte sind gute Ergebnisse ieweiters zu erwarten und auch zu erzielen, wenn das Kartierungsgerät einidfrei justiert und das Ausgangsbildpaar sorgfältig orientiert wurde und wenn auf S 191 gemachten Bemerkungen bezüglich der Deformationskomienten der Vertikalparallaxen beachtet werden Die verhältnismäßig große ite des Anschlußstreifens AS (Abb 232) — etwa 33% des stereoskopien Feldes gegen 14% beim Koppelreihenverfahren mit 40° Konverz — ermöglicht die Elimination dieser Komponenten in weitgehendem

[1] R Hugershoff, Der Aerokartograph, eine neue Ausführungsform d Autographen Vorträge, geh bei der 2 Hauptversamml der Int Ges f Photogramm, Im 1927

[2] Die Bemerkung O v Grubers (a a O, S 144) „beim Stereoplanigraph wird gleiche Effekt erzielt, indem das Bild 2 um 180° verkantet und Haupt und Quergung entgegengesetzt eingestellt werden", ist natürlich nur in optischer, it aber in auswertetechnischer Beziehung zutreffend, durch Neueinstellung abgelesenen Daten werden selbstverständlich auch hier die Orientierungsfeinen zerstört

Abb. 233. Beispiel einer Aerotriangulation nach dem Normalreihen-Verfahren (Elbestrecke Dresden-Meißen)

Maße[1]. Nach den bisherigen Erfahrungen können etwa zehn Bilder (denen je nach dem vom Kartenmaßstab abhangigen Bildmaßstab verschieden große Streifenlangen entsprechen) aneinander gereiht und gleichzeitig kartiert werden, da die bei der angegebenen Bildzahl auftretenden Schlußfehler meist nur die Folge einer geringen und nur in der Lagezeichnung sich auswirkenden Maßstabsanderung sind, die bei der Reproduktion mechanisch eliminiert wird.

Bei langeren Bildreihen können unter Umstanden (meist als Folge der Deformationsparallaxen, S. 191), Hohenfehler mit systematischem Charakter bemerkbar werden, entsprechend vor allem einer allmahlichen Zunahme der Langsneigungs-(Verschwenkungs-)fehler der Folgebilder. Die mechanische Eliminierung bzw. Ausgleichung dieser Fehler und gegebenenfalls eine nachfolgende entsprechende Neuorientierung der Bilder ist theoretisch moglich. Praktisch vorteilhafter ist es aber im allgemeinen, das Auftreten solcher Fehler zu verhindern durch Messung nur der Hohe einzelner, weit auseinander liegender, gut identifizierter Gelandepunkte durch ein fluchtiges (geometrisches oder barometrisches) Nivellement, vgl. hierzu auch S. 231.

Abb. 233 ist ein Bildplan aus Aufnahmen einer Versuchsreihe zwischen Dresden und Meißen[2]. Auf der mit zehn Bildern uberbruckten 4,3 km langen Strecke zeigten sich keinerlei meßbare Hohenabweichungen (vgl. S. 216) des optischen Modells gegenuber dem als Kontrollbasis benutzten Stromspiegel[3].

VIII. Genauigkeit des Verfahrens

Die bereits auf S. 40 gemachten allgemeinen theoretischen Bemerkungen uber die Genauigkeit des photogrammetrischen Vorwartseinschneidens bedurfen noch einiger weiteren Ausfuhrungen.

---

[1] Der von P. Gast, ZS. f. Verm. 58, 1929, S. 614, ausgesprochene Satz: „An dieser Klippe (den gefahrlichen Zylinder) scheitert der Versuch, fest punktlose Räume durch sich überlappende Senkrechtaufnahmen zu überbrücken", ist weder theoretisch noch praktisch haltbar.

[2] Aufnahmen mittels des Reihenbildners Abb. 186, S. 152, ausgeführt im September 1929 von der Luftbildabteilung der Junkers-Werke.

[3] Über ein sehr gutes Ergebnis einer Aerotriangulation nach dem gleichen Verfahren (Streckenlange 15 km) berichtet die U. S. A. Geological Survey, vgl. auch The Military Eng., 21, 1929, S. 468.

beziehen hierzu die Raumlage der photogrammetrisch bestimmten Ob-
jpunkte auf ein rechtwinkliges Koordinatensystem, dessen Ursprung im
elpunkt der Aufnahmebasis liegt (vgl Abb 237, S 204) und dessen
hse (Abstandsachse) horizontal und winkelrecht zur Horizontalprojek-
der Basis ist Die Horizontalprojektion selbst dient als x Achse (Seiten-
e), wahrend die Lotrichtung im Ursprung als z-Achse (Hohenachse)
endet wird[1] Dann denken wir uns die Raumpunktlage zunachst
r der Annahme völlig fehlerfreier Richtungsmessungen bestimmt und
n nun die Koordinatendifferenzen Δy, Δx, Δz ab, die sich ergeben,
n die bestimmenden Richtungen mit Fehlern behaftet sind Kennt man diese
er, so lassen sich aus ihnen die Koordinatenfehler der Raumpunkte berech-
Dieses auf fehlertheoretischen Betrachtungen aufgebaute Verfahren ist
tig zur Ermittlung der zu erwartenden Genauigkeit, es ist aber nur ein
tzungsverfahren, da ja die tatsachlich auftretenden Richtungsfehler sich
llgemeinen nur auf Grund besonderer Messungen und meist nur unvoll-
lig ermitteln lassen Die tatsächliche Genauigkeit ergibt sich entweder
elbar durch Überbestimmung oder unmittelbar durch Vergleichung der
dinaten von Raumpunkten, die photogrammetrisch und außerdem durch
tisch fehlerfreie anderweitige Beobachtungen festgelegt wurden

A. Theorie der Objektpunktfehler

52 Koordinatenfehler als Funktion der Punktlage und der Fehler der mmenden Richtungen Es ist zweckmaßig, sich vorzustellen, daß die Fest-
ig der Raumpunkte nach der in der Tachymetrie gebrauchlichen Art, nam-
mittels Polarkoordinaten, erfolgte die Bestimmungsstucke sind dann die
ernung E des betrach-
n Raumpunktes vom
dinatenursprung, der
zontalwinkel α dieser
ke gegen die Richtung
y Achse und ihr Nei-
swinkel τ gegen die
ontale xy Ebene, die
ernung E ist dabei das
bnis eines Vorwarts-
hnittes Entsprechend
n Vorstellung setzt
jede der erwahnten
dinatendifferenzen zu-

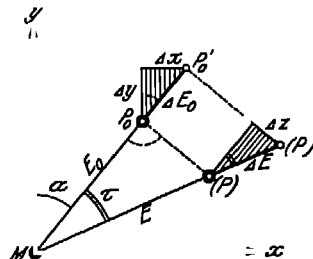



Abb 234 Einfluß eines Entfernungsfehlers

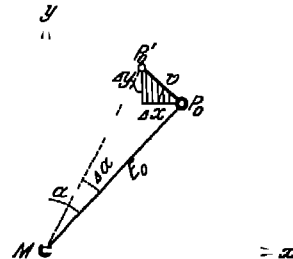



Abb 235 Einfluß eines Fehlers der Horizontalrichtung

men aus mehreren Komponenten, die von den Fehlern ΔE, $\Delta \alpha$ und $\Delta \tau$
entsprechenden drei Bestimmungsstucke abhangen Darin ist ΔE im
ntlichen (vgl S 50) eine Funktion des Fehlers $\Delta \gamma$ der Richtungs-
renz der den betrachteten Objektpunkt vorwarts einschneidenden Bild-
len Die Herleitung der Fehlerkomponenten erfolgt zweckmaßig getrennt
234 zeigt im Grund und Aufriß den Einfluß eines ausschließlich

[1] Die folgenden Betrachtungen gelten unmittelbar für wagrechte und schräge
ahmen, sie gelten aber — nach einer entsprechenden Koordinatenvertauschung,
174, Anm 8 — auch für Steil und Senkrechtaufnahmen Vgl hierzu noch
RAI, Schweiz ZS f Verm 26, 1928, S 250

wirksamen Entfernungsfehlers ΔE An Hand der Abb 234 ergibt sich

$$\left.\begin{aligned} \Delta y_E &= \Delta E_0 \cos\alpha \\ \Delta x_E &= \Delta E_0 \sin\alpha \\ \Delta z_E &= \Delta E_0 \operatorname{tg}\tau \end{aligned}\right\}$$

Aus Abb 235 ersieht man die Einwirkung einer durch einen Fehler $\Delta\alpha$ der horizontalen Richtung bewirkten Querverschiebung v auf die Koordinaten y und x Es ist

$$\left.\begin{aligned} \Delta y_\alpha &= v \sin\alpha = E_0 \sin\alpha \ \Delta\alpha \\ \Delta x_\alpha &= v \cos\alpha = E_0 \cos\alpha \ \Delta\alpha \end{aligned}\right\}$$

In Abb 236 ist der Zusammenhang eines Fehlers $\Delta\tau$ des Neigungswinkels mit den Fehlern der Raumpunktkoordinaten ebenfalls im Grund- und

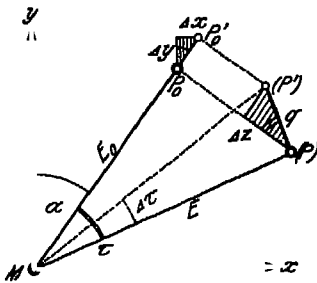



Abb 236 Einfluß eines Fehlers in der Vertikalrichtung

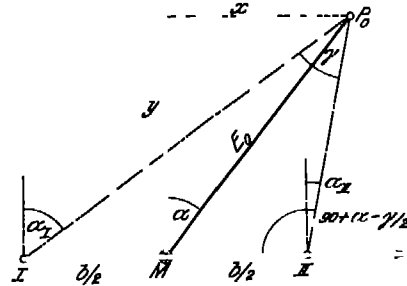



Abb 237 Ableitung des Entfernungsfehlers

Aufriß dargestellt Der Vertikalwinkelfehler bewirkt eine Querverschiebung q des Punktes P im vertikalen Sinne, aus der folgt

$$\left.\begin{aligned} \Delta y_\tau &= q \sin\tau \cos\alpha = \frac{E_0}{\cos\tau} \sin\tau \cos\alpha \ \Delta\tau = E_0 \operatorname{tg}\tau \cos\alpha \ \Delta\tau \\ \Delta x_\tau &= q \sin\tau \sin\alpha = \frac{E_0}{\cos\tau} \sin\tau \sin\alpha \ \Delta\tau = E_0 \operatorname{tg}\tau \sin\alpha \ \Delta\tau \\ \Delta z_\tau &= q \cos\tau \qquad\quad = \frac{E_0}{\cos\tau} \cos\tau \ \Delta\tau \qquad = E_0 \ \Delta\tau \end{aligned}\right\}$$

Da nun

$$\left.\begin{aligned} \Delta y &= \Delta y_E + \Delta y_\alpha + \Delta y_\tau \\ \Delta x &= \Delta x_E + \Delta x_\alpha + \Delta x_\tau \\ \Delta z &= \Delta z_E \qquad\quad + \Delta z_\tau \end{aligned}\right\}$$

so ergibt sich — mit Berucksichtigung der zwischen den Bestimmungselementen E, α und τ des Punktes P und seinen Raumkoordinaten y, x und z bestehenden Beziehungen — aus den Systemen (1) bis (4)

$$\left.\begin{aligned} \Delta y &= \frac{y}{E_0} \ \Delta E_0 + x \ \Delta\alpha + \frac{z\,y}{E_0} \ \Delta\tau \\ \Delta x &= \frac{x}{E_0} \ \Delta E_0 + y \ \Delta\alpha + \frac{z\,x}{E_0} \ \Delta\tau \\ \Delta z &= \frac{z}{E_0} \ \Delta E_0 \qquad\qquad + E_0 \ \Delta\tau \end{aligned}\right\}$$

worin

$$E_0 = \sqrt{y^2 + x^2}$$

Ableitung des Entfernungsfehlers ΔE_o benutzt man (Abb 237) die Be-
ung

$$E_0 = \frac{b}{2} \frac{\sin\left(90^0 + \alpha - \frac{\gamma}{2}\right)}{\sin\frac{\gamma}{2}} \tag{a}$$

$$E_0 = \frac{b \cos\alpha}{\gamma}, \tag{b}$$

ıus zunachst folgt

$$\Delta E_0 = -\frac{b \cos\alpha}{\gamma^2} \Delta\gamma \tag{c}$$

ut ergibt sich in Verbindung mit (b)

$$\Delta E_0 = -\frac{E_0^2}{b \cos\alpha} \Delta\gamma \tag{d}$$

Setzt man diesen Wert unter Berucksichtigung der Beziehung

$$\cos\alpha = y \quad E_o$$

ıs System (5) ein, so erhalt man

$$\left.\begin{aligned}\Delta y &= -\frac{E_0^2}{b} \Delta\gamma \quad + x \; \Delta\alpha + \frac{y \; z}{E_0} \Delta\tau \\ \Delta x &= -\frac{E_0^2}{b} \frac{x}{y} \Delta\gamma + y \; \Delta\alpha + \frac{x \; z}{E_0} \Delta\tau \\ \Delta z &= -\frac{E_0^2}{b} \frac{z}{y} \Delta\gamma \qquad\qquad + E_0 \; \Delta\tau\end{aligned}\right\} (6)$$ [1]

n $\Delta\gamma$ offenbar die Differenz der Richtungsfehler $\Delta\alpha_I$ und $\Delta\alpha_{II}$ der beob
eten horizontalen Richtung IP_o und IIP_o ist, wahrend $\Delta\alpha$ den Verschwen-
ɡs-(Orientierungs-)fehler des Mittelstrahles MP_o $\left(\text{genahert } \frac{\Delta\alpha_I + \Delta\alpha_{II}}{2}\right)$
tellt Ahnlich ist $\Delta\tau$ als Mittel der Neigungsfehler der beiden bestimmenden
trahlen aufzufassen, es ist also $\Delta\tau$ ebenfalls eine Art Orientierungsfehler
im System (6) nicht berucksichtigte Differenz der Neigungsfehler ist,
die Faktoren $\frac{y \; z}{E_0}$ bzw $\frac{x \; z}{E_0}$ zeigen, ebenso wie ein (kleiner) Fehler $\Delta\tau$ prak-
im allgemeinen ohne Einfluß auf die Horizontalprojektion der Objekt-
kte, sie fuhrt dagegen (vgl auch Abb 216) zu zwei verschiedenen Höhen
Objektpunktes, deren Differenz

$$z_I - z_{II} = E_0 (\Delta\tau_I - \Delta\tau_{II})$$

ı (teilweisen) Aufschluß uber die erzielte Genauigkeit gibt, vgl S 210 [2]
Durch das System (6) sind also mit Berucksichtigung der oben gemachten
erkungen praktisch alle Fehlereinflusse erfaßt bis auf einen Fehler in der

---

[1] Diese Fehlergleichungen gelten ganz allgemein, also auch für den Normalfall
stereophotogrammetrie, s S 54, die hierfür — meist unter Vernachlässigung
Fehler $\Delta\alpha$ und $\Delta\tau$ — aufgestellten Formeln (vgl z B H LÜSCHER, Photo-
metrie, Leipzig und Berlin 1920) lassen sich leicht aus den oben aufgestellten
hungen ableiten

[2] Im übrigen ist zu beachten, daß die praktische Anwendung des Systems (6)
enntnis der Fehler nach Große und Vorzeichen voraussetzt Sind die Fehler,
meist in der Praxis, sog „mittlere" Fehler mit unbestimmtem Vorzeichen, so er-
n sich die Quadrate der mittleren Koordinatenfehler als Summe der Quadrate
einzelnen Glieder des oben angegebenen Systems Vergleiche hierzu W JOR-
und O EGGERT, Hdb d Vermessungskde, Bd 2, Stuttgart 1914

Basislänge und im Höhenunterschied der Standpunkte Da diese Einflüss das rekonstruierte Objekt im ganzen (hinsichtlich des Maßstabes) verander bzw in allen Objektpunkten die gleiche (konstante) Abweichung erzeuge sind sie vom praktischen Standpunkt aus von nebensächlicher Bedeutun es genügt nämlich im Prinzip die Kenntnis der relativen räumlichen Lage zwei Kontrollpunkte, um diese Einflüsse zu eliminieren Dementsprechend habe auch Untersuchungen über die Genauigkeit der Standpunktbestimmung (S 17 Anm 1) im wesentlichen nur theoretisches Interesse

53 Die Komponenten der Richtungsfehler $\Delta\alpha$ und $\Delta\tau$ Der Fehler ein Richtungsmessung ergibt sich aus der Zusammenwirkung einer Anzahl vo Komponenten,[1] die man in vier Gruppen zusammenfassen kann, nämlich Beobachtungs-, Identifizierungs-, Orientierungs- und Übertragungsfehler

a) Beobachtungsfehler sind die Folge einer Unsicherheit in der „Ei stellung", d h in der Herbeiführung der Koinzidenz zwischen einem feste Punkt (im allgemeinen einer Zielmarke) und einem Punkte des Meßbildes, s gehören im wesentlichen zu den „zufälligen" Fehlern, die ebensowohl positiv a negativ sein können Die Einstellung der Bildpunkte erfolgt selten unmittelb (graphische Koordinatenmessung an Bildabzügen), meist wird sie an den optisc erzeugten und vergrößerten Reproduktionen des Meßbildes vorgenomme wobei notwendig ein Luftbild unter Zuhilfenahme einer Lupe (Mikroskop- od Fernrohrbeobachtung) oder eine Projektion auf eine reelle Schirmebene mit od ohne optische Hilfsmittel (Doppelprojektion mit direkter oder subjektiv Bildvereinigung) betrachtet wird

Die Größe des Beobachtungsfehlers hängt zunächst und selbstverständlic von der Güte des Originalbildes und von der Fähigkeit des Beobachters a Der Beobachtungsfehler sinkt mit wachsender Bildweite der Aufnahmekamme er sinkt ferner bei wachsender Vergrößerung der Reproduktion, aber nur so lan als die Reproduktionsschärfe, die beim Doppelprojektionsverfahren schon a theoretischen Gründen (Nichteinhaltung des sogenannten „Linsengesetzes mangelhaft ist, unter dem Einfluß des mitvergrößerten Emulsionskornes (S 11 nicht leidet Eine etwa fünffache Vergrößerung ist zur Zeit die günstigste Ve größerung, unterhalb derselben wächst der Beobachtungsfehler langsam, obe halb derselben rasch[2] Eine Ausnahme bilden nur durch Form und Kontras scharf markierte Bildpunkte, vgl aber hierzu die spätere Betrachtung üb Orientierungsfehler

Der reine Beobachtungsfehler einer einzelnen einmal gemessenen Richtu bei Messungen an Papierabzügen[3] und 180 mm Bildweite der Aufnahmekamm beträgt etwa 1′ bis 2′, bei Mikroskop- oder Fernrohrbeobachtung[4] sinkt er a 15″ bis 20″

b) Identifizierungsfehler sind als Komponenten der Richtungsfehl im allgemeinen nur in der Meßtischphotogrammetrie wirksam, bei der infol

[1] Da die Komponenten teilweise zufällige Fehler sind, teilweise aber systematisch Charakter tragen, kann ihre Vereinigung nicht durch einfache Addition erfolgen Üb Einzelheiten hierzu muß auf die Fachliteratur verwiesen werden, vgl W JORDAN u O EGGERT, Hdb d Vermessungskde, Bd 2

[2] Bei einzelnen Doppelprojektoren ergeben sich aus konstruktiven Gründ wesentlich stärkere Vergrößerungen des Originalbildes (z B Reproduktionsmaßst 1 1000 bei einem Bildmaßstab 1 10000), hier kommt der Punktlage selbstve ständlich eine wesentlich größere Unsicherheit zu als sie bei einer Karte im Maßst 1 1000 zulässig wäre

[3] Vgl z B A v HÜBL, Mitt d Militärgeogr Inst Wien 19, 1899, S 131

[4] R HUGERSHOFF und H CRANZ, Grundl d Photogramm a Luftfahrzeug S 4

starken Konvergenz der Aufnahmerichtungen die Objektpunkte von wesent-
l verschiedenen Seiten zur Abbildung kommen Dementsprechend hängt
nicht allgemein angebbare Größe — sie kann unter Umständen mehrere
genminuten betragen — der Identifizierungsfehler ab von Form, Hintergrund
d Beleuchtung der Objektpunkte In der terrestrischen Meßtischphotogram-
trie spielen erklärlicherweise auch die Beleuchtungsdifferenzen eine wesent-
le Rolle, die durch die Änderung des Sonnenstandes während des Stand-
ıktwechsels bedingt sind Wegen der Zunahme der Konvergenz der Bestim-
ngsstrahlen im Vordergrunde des Bildfeldes besteht eine Abhängigkeit der
ntifizierungsfehler vom Abstand der Objektpunkte von der Basis, die Kompo-
ıte nimmt ab mit wachsendem Punktabstand Dieser Umstand steht im
gensatz zu der bei der Ableitung der Koordinatenfehler (vgl S 205) zunächst
, Recht gemachten Voraussetzung der Unabhängigkeit des Richtungsfehlers
ı der Punktentfernung, infolgedessen wachsen vor allem in der Meßtisch-
otogrammetrie häufig die Koordinatenfehler, insbesondere die Fehler in Δy
l Δz, nicht in dem theoretisch zu erwartenden Maße [1]

c) Orientierungsfehler sind diejenigen Richtungsabweichungen der
ıdstrahlen gegen die entsprechenden Objektstrahlen (gerade Verbindungs-
en der Objektpunkte mit dem vorderen Hauptpunkt des Kammerobjektivs
Augenblick der Aufnahme), deren Ursachen in gesetzmäßiger Weise das
amte Strahlenbüschel beeinflussen Dabei kann letzteres dem Objektstrahlen-
chel kongruent bleiben (Büscheldrehung, eigentliche Orientierungsfehler)
r nicht (Büscheldeformation) Der Definition entsprechend handelt es sich
ı im wesentlichen um systematische Fehler mit Resten von unregelmäßigem
.rakter

α) Büscheldrehungen, ausschließlich eine Folge mangelhafter äußerer Orien-
ung,[2] können um drei Achsen erfolgen Kammerachse (Verkantung), Horizon-
ıchse winkelrecht zur Kammerachse (Neigung) und Vertikalachse (Verschwen-
g) Eine Verschwenkung wirkt im gleichen Sinne und in gleicher Größe auf
ıtliche Horizontalrichtungen und ist ohne Einfluß auf die Vertikalrichtungen
kantung und Neigung beeinflussen beide Richtungen (S 177)

β) Büscheldeformationen ändern im allgemeinen ebenfalls beide Richtungen
unterscheiden symmetrische Deformationen (Verzeichnungsfehler des
nahmeobjektives (S 108), Verzeichnungsfehlerdifferenzen (letztere bei Kar-
ungen in Universalgeräten), Bildweitenfehler (S 158), Schrumpfungen des
nahmematerials (S 116),[3] Krümmung des Emulsionsträgers (S 115), Strahlen-
hung (S 67) bei Senkrechtaufnahmen) und asymmetrische Deformationen
uptpunktsverlagerung, Bildneigung gegen die Kammerachse, Strahlenbre-
ng bei Schrägaufnahmen, Relativbewegung von Kammer und Objekt während
Dauer der Verschlußöffnung, Relativbewegung einzelner Objektpunkte
einander während des Standpunktwechsels)

Die letzterwähnten Fehlerursachen sind sehr schädlich So erzeugt eine
wacklung besonders bei markanten, hell beleuchteten Objektpunkten eine

[1] S Finsterwalder, ZS f Verm 25, 1896, S 225, A v Hübl, Mitt d Militär-
r Inst Wien 19, 1899, S 129, F Schleck, Einfache u stereoskop Bildmess im
m Felsgebiet, München 1912, K Schneider, Ergebn stereophotogramm Aufn
Schweiz, Brugg 1926, S 65

[2] Bedingt durch Koordinatenfehler der Festpunkte und durch Identifizierungs-
Beobachtungsfehler bei Einstellung derselben

[3] Schichtverziehungen an Glasplatten dürften kaum in Erscheinung treten, die
solche zurückgeführten Fehler (K Domansky, Int Arch f Photogramm 6,
l, S 105), sind wahrscheinlich Verzeichnungsfehler

Bildverbreiterung, die sich als Abstandsfehler auswirkt Abb 238 gibt hie ein in der Reproduktion allerdings nicht mehr sehr deutliches Beispiel im O ginalbildpaar scheint die mit der Umgebung vollig gleich hohe Straße fast 1€ über dieser Umgebung zu liegen Ebenso erscheinen kunstliche Signale (z weißgestrichene Bretterkreuze) oft meterhoch außerhalb der Gelandeflä schwebend Messungen an windbewegten, einzelstehenden Baumen ergal bei Senkrechtaufnahmen oft betrachtliche Höhenfehler, die Flache eines Fl laufes, auf dem Dampfer starke Uferwellen erzeugen, scheint ebenfalls oft ge das Ufergelande in vertikalem Sinne verschoben Diese Beobachtungen lief wertvolle Fingerzeige für die Auswahl der Festpunkte grell beleuchtete marka Objekte und Spitzen einzelner Bäume sind ungeeignet, die auch aus ande Grunden unzweckmäßige kunstliche Signalisierung von Bodenpunkten ist vermeiden

Im allgemeinen wird der gesamte, auf Orientierungsfehler zuruckzufuhre Anteil am Richtungsfehler ebenfalls leicht auf mehrere Bogenminuten anwach

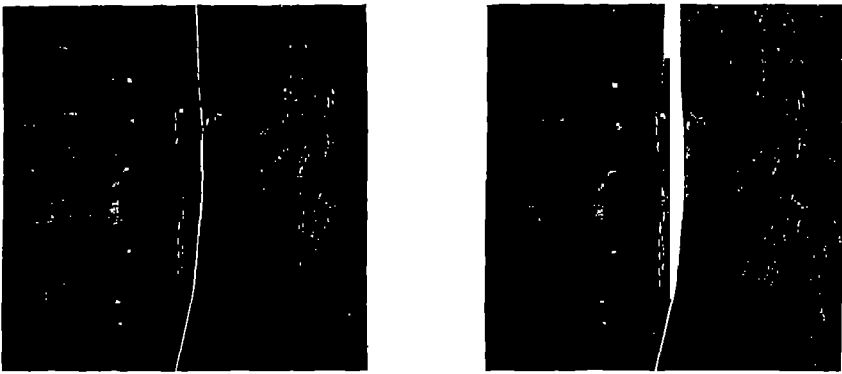



Abb 238 Durch Verwacklung hervorgerufene Bildverbreiterung wirkt sich als Abstandsfehler Man beachte, wie die mit der Umgebung gleich hohe Straße gehoben erscheint

falls es sich um die Einzelorientierung eines Meßbildes handelt, bei der geme samen Orientierung eines Bildpaares (S 184) dagegen betragt der Fehlera erfahrungsgemaß kaum mehr als eine Minute

d) Übertragungsfehler sind die durch den Rekonstruktionsvorgang zeugten Fehleranteile, sie entfallen also bei rein rechnerischer Bestimmung Objektpunktkoordinaten und treten beim Verfahren der Doppelprojektion in geringem Maße — als Fehler der Höhenmeßeinrichtung — auf Die Ü tragungsfehler gliedern sich in systematische Fehler, hervorgerufen durch Ju rungsfehler[1] des Kartierungsgerates im weiteren Sinne[2] und in zufallige Fe die im wesentlichen aus nicht zugigen Fuhrungen bzw toten Gangen der K struktionselemente folgen Bei den modernen Universalgeraten kann bei s faltiger Anwendung der verfeinerten Justierungsmethoden entsprechend hohen Stand der Feinmechanik auch der Übertragungsfehler im Durchsch unterhalb von etwa 1′ bis 2′ gehalten werden

---

[1] Vgl z B H Löscher, ZS f I 39, 1919, S 2

[2] Solche Fehler können auch durch Temperatureinflüsse hervorgerufen wer Vgl hierzu A v Hübl, Mitt d Militärgeogr Inst Wien 23, 1903 S 188 H Kraus, Int Arch f Photogramm 4, 1913, S 26

54 Der Fehler $\Delta\gamma$ einer Richtungsdifferenz. Entsprechend der auf S 205 gebenen Definition des Fehlers $\Delta\gamma$ einer Richtungsdifferenz $a_I - a_{II}$ gilt nachst

$$\Delta\gamma = \Delta a_I - \Delta a_{II} \tag{1}$$

e Richtungsfehler Δa setzen sich, wie eben im einzelnen gezeigt wurde, aus alligen (unregelmaßigen) Komponenten $\pm u', \pm u''$ und aus systetischen (regelmaßigen), mit bestimmtem angebbarem Vorzeichen behafteten mponenten r', r'' zusammen Somit folgt aus (1)

$$\Delta\gamma = (\pm u'_I \pm u'_{II}) + (\pm u''_I \pm u''_{II}) + \\ + (r'_I - r'_{II}) + (r''_I - r''_{II}) + \tag{2}$$

mit erhalt man[1]

$$= \pm \sqrt{u'^2_I + u'^2_{II} + u''^2_I + u''^2_{II} + \quad + (r'_I - r'_{II})^2 + (r''_I - r''_{II})^2 +} \tag{3}$$

r in allgemeiner Form

$$\Delta\gamma = \pm \sqrt{\Sigma u^2 + \Sigma (r_I - r_{II})^2} \tag{4}$$

Mehrzahl der systematischen Fehleranteile r, insbesondere aber die aus ormationen des Bildstrahlenbuschels hervorgegangenen Anteile, sind an der chen Stelle zweier zusammengehoriger Aufnahmen nach Größe und Vorzeichen ezu gleich Infolgedessen wird bei Aufnahmen mit kleinem Basisverhältnis, bei solchen mit schwacher Konvergenz der Zielstrahlen, das Glied $\Sigma (r_I - r_{II})^2$ ezu verschwinden, während bei starker Konvergenz, bei der identische Bildkte große Lageverschiedenheiten in beiden Meßbildern aufweisen, das die eile r enthaltende Glied betrachtliche Werte annehmen kann, vor allem auch Hinblick auf die im wesentlichen nur hier auftretenden Identifizierungsfehler ergibt sich also naherungsweise fur stark konvergente Aufnahmen

$$\Delta\gamma = \pm \sqrt{\Sigma u^2 + \Sigma (r_I - r_{II})^2} \tag{4}$$

schwach konvergente Aufnahmen

$$\Delta\gamma = \pm \sqrt{\Sigma u^2} \tag{5}$$

Tatsache, daß bei letzteren der Fehler einer Richtungsdifferenz wesentlich ier ist als bei ersteren, bewirkt allerdings, wie bereits auf S 50 ausgefuhrt le und wie das Gleichungssystem (6) auf S 205 eingehend zeigt, nur dann Genauigkeitssteigerung in der Bestimmung der Objektpunktkoordinaten, 1 bei den schwach konvergenten Aufnahmen mit ihrem entsprechend kleine- Basisverhaltnis gleichzeitig auch das Glied Σu^2 eine wesentliche Reduktion irt Das aber ist (vgl S 52) der Fall bei binokularer Beobachtung der tungen a_I und a_{II} und der damit verbundenen unmittelbaren Messung Richtungsdifferenz γ Wahrend bei monokularer, getrennter Beobachtung er Richtungen der unregelmaßige Anteil bei einer Kammerbildweite von 180 mm auch im gunstigsten Falle nicht kleiner als $\pm 35''$ ist, betragt er r gleichen Verhaltnissen bei binokularer Beobachtung eines Modellpunktes[2] etwa $\pm 10''$

[1] Vgl z B W JORDAN und O EGGERT, Hdb d Vermessungskde, Bd 1, Stutt 1914

[2] Der Fehler ist allerdings größer bei der kontinuierlichen Abtastung des modells (autom Schichtenzeichnung in Kartierungsgeraten), er wachst hier sentlich mit der Geschwindigkeit der Zeichnung und in Abhangigkeit von der llen Befahigung des Beobachters

B. Ergebnisse praktischer Untersuchungen

55. Ableitung der Objektpunktfehler aus überschüssigen Messungen. D sich beim photogrammetrischen Vorwärtseinschneiden eines Objektpunkte von 2, bzw n Standpunkten aus fur die Höhe des beobachteten Objektpunkte eine (S 37) bzw. $n-1$ Überbestimmungen ergeben, liegt es nahe, die hierb auftretenden Beobachtungsdifferenzen zu einer Genauigkeitsprufung zu b nutzen

Derartige Untersuchungen wurden zuerst von C Koppe[1] an einer Aufnahm des Roßtrappefelsens im Harz und dann an Hand eines sehr umfassenden Materia nach Aufnahmen des Vernagtferners im Ötschtal von S Finsterwalder[2] durc gefuhrt Ersterer erhielt ($f = 238$ mm, durchschnittliches Basisverhaltnis 1 durchschnittliche Punktentfernung 450 m) als mittleren Fehler einer einm gemessenen Hohe $\pm$ 1,05 m, letzterer ($f = 162$ mm, teilweise wesentlich unguns gere Basisverhältnisse, durchschnittliche Zielweite 2000 m) $\pm$ 1,96 m Die n Rucksicht auf das angewandte graphische Rekonstruktionsverfahren ubera günstigen Ergebnisse wurden im wesentlichen bestätigt durch die Untersuchung A v Hübls[3] und F Schecks [4]

Das Ergebnis einer ersten Anwendung dieser Art Untersuchungsmetho auf das Vorwärtseinschneiden nach Luftmeßbildern veröffentlichte R Hugei hoff [5] er fand aus zwei Aufnahmen ($f = 165$ mm, durchschnittliche Konverge der Zielstrahlen 7°, durchschnittliche Lange derselben 3000 m) als mittler Fehler Δz einer einmal bestimmten Hohe $\pm$ 3,5 m und mit Hinzunahme ei dritten Bildes mit etwa 60° Konvergenz gegen die Aufnahmerichtungen c beiden ersten Bilder $\Delta z = \pm$ 1,7 m Im Gegensatz zu den angefuhrten frühe terrestrischen Versuchen, bei denen die Lagegenauigkeit nicht oder nur sch zungsweise angegeben wurde, konnten hier erstmalig die mittleren Fehler c Lagekoordinaten Δx und Δy ($\pm$ 1,2 m bzw $\pm$ 2,2 m) bestimmt werden

Die — übrigens praktisch nur fur die Meßtischphotogrammetrie brauchb — Methode, die Genauigkeit des Verfahrens aus den inneren Widerspruc der Messungen abzuleiten, ist zwar sehr bequem, läßt aber systematische E flüsse nur unvollkommen oder gar nicht erkennen

56. Ableitung der Objektpunktfehler aus Vergleichsmessungen. I Wirkung aller Fehlerquellen kann nur durch Vergleichung der photogra metrischen Rekonstruktion mit den Ergebnissen von Messungen hoherer Gena keit aufgedeckt werden Die Vergleichung erfolgt im allgemeinen in der We daß man fur eine Reihe von Objektpunkten, deren Lage und Hohe besond sorgfaltig im Gelande gemessen wurde und die auf den entsprechenden M bildern wieder zu erkennen sind, die Differenzen zwischen den exakten und photogrammetrisch ermittelten Raumkoordinaten feststellt Aus diesen Diffe zen werden die mittleren Koordinatenfehler abgeleitet, durch welche die tatsa liche Genauigkeit der photogrammetrischen Rekonstruktion ausreichend kennzeichnet ist

Eine Fehlerquelle dieses Prüfverfahrens liegt in der unter Umstan

[1] C Koppe, Die Photogrammetrie od Bildmeßkunst Weimar 1889

[2] S Finsterwalder, ZS f Verm 25, 1896, S 225

[3] A v Hübl, Mitt d Militärgeogr Inst Wien, 19, 1899, S 127

[4] F Scheck, Einfache u stereoskop Bildmessung im h[illegible] Felsgebiet, Münc 1912

[5] R Hugershoff und H Cranz, Grundlag d Photogramm aus Luftfahrzeu Stuttgart 1919 Eine Schätzung der mit Verwendung des Kernpunktverfah erzielten Genauigkeit ($\pm$ 2 m mittl „Punktfehler") gab S Finsterwalder (I Grundaufgabe d Photogramm , München 1903)

nangelhaften Identifikation der Kontrollpunkte, eine künstliche Signalisierung lerselben sichert zwar die Identität, kann aber andere Nachteile (S 208) zur 'olge haben Handelt es sich um die Prüfung von Kartierungen mit stereoskopichen Auswertegeräten, so soll die Einstellung der Kontrollpunkte am Raumnodell zur Einschränkung der Identifizierungsfehler von demjenigen vorgeommen werden, der die Geländemessungen ausgeführt hat

Durchgreifender und darum besser als die Prüfung durch Punktvergleichung st die Untersuchung eines fertig vorliegenden Lage- und Schichtenplanes, schon nit Rücksicht darauf, daß die bei kontinuierlicher Zeichnung erzielbare Genauigeit nicht ohne weiteres mit der Genauigkeit identisch ist, die sich bei punkteiser Einstellung ergibt (S 209, Fußnote 2) Die Prüfung geschieht hierbei urch Vergleichung von geeignet gewählten Kartenprofilen mit exakt aufgeommenen Geländeprofilen, wobei die Endpunkte der letzteren nach Koordiaten bestimmt und auf Grund derselben in die Karten eingetragen wurden

a) Terrestrische Stereophotogrammetrie Genauigkeitsprüfungen urch Vergleichsmessungen wurden an punktweise stereophotogrammetrisch ewonnenen Karten schon 1907 von E DOLEŽAL[1] und 1914 von K KORZER[2] eröffentlicht Letzterer fand beim Kartierungsmaßstab 1 12500

mittl Lagefehler $\pm$ 2,5 m
mittl Höhenfehler $\pm$ 0,5 m

nd beim Kartierungsmaßstab 1 25000 das Doppelte dieser Werte Nähere ngaben über Basisverhältnisse, Zielweiten usw sind hier nicht gemacht, sie hlen auch bei der a a O veröffentlichten Bemerkung über die Genauigkeit s Stereoautographen M 1911, wo KORZER den mittl Höhenfehler der Kartieng in 1 25000 als innerhalb $\pm$ 3 m liegend und den Lagefehler als etwa $\pm$ 1 m gibt Auch die Mehrzahl der späteren Untersuchungen zeigt diesen Mangel

WERKMEISTER[3] prüfte einen nach Aufnahmen mit einer Bildweite von 190 mm tographisch hergestellten Plan 1 10000 durch Profilmessungen und unmittelre Kartierung der mit 5 m Abstand gezeichneten Schichtlinien Es ergab h ein mittl Höhenfehler von $\pm$ 0,81 m, der wesentlich geringer ist als der ittl Höhenfehler ($\pm$ 1,36 m) badischer Kartenblätter gleichen Maßstabes, e auf tachymetrischem Wege hergestellt waren F NOWATZKY[4] untersuchte nen Schichtenplan 1 2000, für den sich im Durchschnitt ein mittl Höhenfehler n $\pm$ 0,2 m ergab

NOWATZKY — und neuerdings wieder K SCHNEIDER, s unten — versuchten n mittl Höhenfehler Δz eines Punktes als eine Funktion

$$\Delta z = \pm (c + k \quad \operatorname{tg} \alpha)$$

r Geländeneigung α in der Umgebung des Punktes darzustellen, entsprechend er von C KOPPE[5] für den mittl Höhenfehler tachymetrischer Messungen einführten Beziehung Das verwendete Zahlenmaterial kann diese übrigens auch iwer zu begründende Abhängigkeit nicht beweisen, viel wahrscheinlicher ist — tsprechend der Beziehung (6) S 205 — die Abhängigkeit des mittl Höhenfehlers es Punktes vom Neigungswinkel τ des ihn bestimmenden Zielstrahles

Über ähnliche ausgezeichnete Ergebnisse hinsichtlich der Genauigkeit der hen und der Schichtendarstellung berichtet E DEMMER,[6] der an der Schichten-

[1] E DOLEŽAL, Öst ZS f Verm 5, 1907, S 264
[2] K KORZER Mitt d Militärgeogr Inst Wien 33, 1914, S 157
[3] P WERKMEISTER, Öst ZS f Verm 19, 1921, S 65
[4] F NOWATZKY, Jahresber d Reichsamts f Landesaufn, Berlin 1922/24
[5] C KOPPE, ZS f Verm 31, 1902, S 412
[6] E DEMMER, Öst ZS f Verm 23, 1925, S 90

darstellung bei einem Kartierungsmaßstab 1 1000 einen mittl Höhenf von ± 0,11 m feststellte

In der Schweiz fanden K Schneider[1] mit Benutzung des Stereoautogra für Kartierungen im Maßstab 1 5000 und 1 10000 einen durchschnittl mittl Hohenfehler von etwa ± 1,0 m und J Baltensperger[2] fur die glei Maßstäbe sowohl mit dem Stereoautographen als auch mit dem Autogra ± 0,80 m Der benutzten Meßkammer (f = 190 mm, bzw 165 mm) warer vorgeschriebenem Basisverhältnis von etwa 1 10 die maximalen Zielweiter gepaßt, sie betrugen fur die erstere Kammer und den Maßstab 1 10000 1(Der Lagefehler war nach Baltensperger 0—2,5 m Genauere Angaben die Wildschen Gerate veröffentlichte K Schneider a a O Darnach be bei einer Kartierung im Maßstab 1 10000, einer mittl Punktentfernung 6 km und einem Basisverhältnis von nicht unter 1 10 der mittl Lagef ± 3 m und der mittl Hohenfehler ± 0,80 m

b) Stereoskopische[3] Luftbildmessung Eine mit dem ersten Unive gerät, dem Autokartographen, hergestellte Schichtlinienkarte 1 10000 w bereits 1921 unter Leitung von C Treitschke einer amtlichen Prufung unt gen[4] Die untersuchten Schrägaufnahmen (f = 165 mm, Neigung 30°, Basis 4(mittlere Punktentfernung 4000 m, relative Flughöhe 1800 m) ergaben als i Punktfehler einer einmal bestimmten Höhe ± 1,22 m Bei einer 1923 vo gleichen Behorde unter wesentlich gunstigeren Aufnahmeverhältnissen (873 m, mittlere Punktentfernung 4500 m) durchgefuhrten zweiten Vergle messung[5] wurde als mittl Hohenfehler ± 0,37 m gefunden Dieses gun heute nichts Ungewöhnliches darstellende Ergebnis begegnete zur damaligen lebhaftem Zweifel[6] Die Photogrammetrie G m b H in Munchen s mit Benutzung eines zur punktweisen Auswertung von Schragaufnahmen gerichteten Stereoautographen und auf Grund von signalisierten Bodenpu Genauigkeitsuntersuchungen an, die unter Mitwirkung des Bayerischen La vermessungsamts gefundenen mittl Fehler der Objektpunktkoordinaten w bzw ± 0,26 m, ± 0,24 m und ± 0,36 m

Eine erste amtliche Vergleichsmessung[8] (ohne nahere Angaben) eine Hilfe des Stereoplanigraphen hergestellten Schichtlinienkarte 1 5000 (als mittl Höhenfehler der Schichtlinien ± 2,5 m

Von weiteren Vergleichsmessungen seien die von J Baltensperger[9]

[1] K Schneider, Ergebnisse stereophotogramm Aufnahmen i d Sch Brugg 1926

[2] J Baltensperger, Die Phot als Aufnahmeverfahren d schweiz Grund verm, Brugg 1926

[3] Hinsichtlich des Doppelprojektionsverfahrens sind eingehende Genauig untersuchungen bisher nicht veröffentlicht worden Einige Angaben über Doppelprojektor Gasserscher Konstruktion bringt E Doležal, Int Arch f P gramm, 6, 1923, S 301 Bezügl des Nistri-Gerätes vgl die kurzen Angab Sc et Ind Phot, Paris 1926, Nr 10, S 473

[4] Reichsamt f Landesaufn Sachsen, Über d Genauigkeit von Schichtl plänen aus Luftmeßb, Ergebn einer Vergleichungsmessung zwischen Meßtischt metrie u d Hugershoffschen Autokartographie, Dresden 1921 Vgl Abb 11

[5] H H Kritzinger, ZS f Verm 54, 1925, S 421

[6] O v Gruber, ZS f I 46, 1926, S 255 bis 262, R Hugershoff, ZS f 1926, S 439 bis 444

[7] A Schlotzer, Der Bauing 5, 1924, S 800

[8] Konsortium Luftbild G m b H, Die photograph Geländeverme München 1924

[9] Vgl Anm 2 auf dieser Seite

SCHNEIDER[1] (Eidgen Landestopographie in Bern) erwähnt Beide unter-
hten zunachst einige mit dem Stereoplanigraphen ausgearbeitete Plattenpaare
(teilweise konvergenten) Senkrechtaufnahmen Ersterer fand (f = 180 mm,
tlere relative Flughohe etwa 3000 m, Basisverhaltnis 1 2 bis 2 3)

mittl Lagefehler ± 0,70 m
mittl Höhenfehler ± 0,85 m

ıh K SCHNEIDER war (Basis 1600 m, relative Flughöhe 2500 m)

mittl Lagefehler ± 1,60 m
mittl Hohenfehler ± 0,99 m

terhin prufte K SCHNEIDER die Ausarbeitung von Schrägaufnahmen
ohl im Autokartographen als auch im Stereoplanigraphen Das Ergebnis war

Autokartograph (f = 165 mm, Neigung 30°, relative Flughöhe 1200 m, Basis 422 m, mittlere Punktentfernung 2100 m)

mittl Lagefehler ± 4,03 m
mittl Höhenfehler ± 1,09 m,

Stereoplanigraph (f = 180 mm, Neigung 35°, relative Flughöhe 2900 m, Basis etwa 1930 m, mittlere Punktentfernung etwa 4000 m)

mittl Lagefehler ± 3,08 m
mittl Höhenfehler ± 1,26 m

SCHNEIDER hat dann auch eingehende Untersuchungen der Genauigkeit
WILDschen Autographen bei Ausarbeitung von Luftmeßbildern angestellt[2]
untersuchte vier Plattenpaare von konvergenten Senkrechtaufnahmen
165 mm, Konvergenz etwa 14°, mittlere relative Flughöhe 2000 m, Basis-
altnis 1 3 bis 1 5), zu deren Orientierung die hohe Zahl von 19 Festpunkten
endet wurde Als Resultat fand sich fur die punktweise Bestimmung

mittl Lagefehler ± 3 m
mittl Höhenfehler ± 0,51 m

Wahrend bei allen bisher beschriebenen Vergleichsmessungen Glasplatten
ungen der Vergleichsmessungen, insbesondere bei der letzterwahnten Unter-
ung der WILDschen Instrumente sogar Spiegelglasplatten) als Emulsions-
r Verwendung fanden, wurden bei der neuesten in vieler Beziehung gründ-
ten Genauigkeitsuntersuchung (und zugleich auch Prufung der Wirt-
iftlichkeit), durch das Reichsamt fur Landesaufnahme in Berlin zum
n Male Filme als Aufnahmematerial benutzt Die unter Leitung von
SEIDEL[3] mit dem Autokartographen und dem Stereoplanigraphen durchge-
e Untersuchung erstreckte sich uber ein Gebiet von etwa 30 qkm außerordent-
kleinformigem, und darum topographisch schwierigstem Dunengelande
239) Die etwa 80 in Streifenform aufgenommenen Meßbildpaare (Senk-
aufnahmen, f = 180 mm, relative Flughöhe 900 bis 1000 m, Basisverhaltnis
1 3) wurden von der HANSA LUFTBILD G m b H ausgefuhrt, der Film
von der Firma GOERZ, PHOTOCHEMISCHE WERKE, Berlin-Zehlendorf,
ert

Vgl S 212, Anm 1
K SCHNEIDER, Schweiz ZS f Verm 9, 1928, S 195
FR SEIDEL, Mitt d Reichsamtes f Landesaufn, Sonderheft 7, Berlin 1928

Eine kurze Zusammenfassung des Gesamtergebnisses zeigt nebenstehe[nde]
Übersichtstabelle[1] (siehe S 215)

Mit dem hier erreichten, in Zukunft wohl kaum noch zu verringernden m[ittleren]
Fehler der kontinuierlichen Schichtenzeichnung sind die Grenzen angegeb[en],

Abb 239 Eine der Meßbildaufnahmen des Dünengeländes bei Amrum

die dem exakten luftphotogrammetrischen Verfahren gesetzt sind es i[st]
wesentlichen ein topographisches Verfahren die Herstellung von P[länen]
mit Schichtenabständen von weniger als einem Meter ist im allgemeinen
terrestrischen oder kombinierten Aufnahmemethoden (S 24) vorbehalten

[1] Hinsichtlich der Höhenfehler ist auch hier (vgl S 211) zu bemerken, daß
Abhängigkeit von der Geländeneigung nicht überzeugend festzustellen war
SEIDEL sagt selbst, daß „die Güte der aus Luftlichtbildern ermittelten Höhen
nahezu unabhängig vom Gelände“ sei

	Autokartograph		Stereoplanigraph	
	mittl Lagefehler ± m	mittl Höhenfehler ± m	mittl Lagefehler ± m	mittl Höhenfehler ± m
aktbestimmte, mit Sicherheit dentifizierte Bodenpunkte	0,88	0,15	0,56	0,16
restrisch-photogramm be timmte Bodenpunkte	—	0,18	—	0,10
hichtliniendarstel-ung bei einer mittleren Ge ändeneigung von 22,5°	—	0,45	—	0,44

c) Aerotriangulation Ein besonderes Verdienst hat sich Fr Seidel lurch erworben, daß er als erster — im Auftrag des Reichsamtes fur Landesnahme in Berlin — die exakte Untersuchung eines Aerotriangulationsverrens, und zwar des von R Hugershoff eingefuhrten Normalreihenverfahrens, nahm und veroffentlichte [1] Die Untersuchung erstreckte sich auf 11 Bilder er der Amrumreihen (Grundkarte 1 5000 von Amrum, s oben), die Länge entsprechenden Strecke betragt 4 km In der folgenden Tabelle sind zunächst unmittelbaren Ergebnisse (a a O , S 93) nochmals zusammengestellt

Tabelle 2 Abweichungen gegen den Sollwert

Pkt.	Δx	Δy	Δz	Pkt	Δx	Δy	Δz
1	— 1,32	+ 1,19	— 0,20	13	+ 1,48	— 1,59	— 0,09
2	— 1,03	+ 0,56	— 0,01	14	+ 5,35	— 1,71	+ 0,11
3	± 0	± 0	± 0	15	+ 5,78	— 0,25	— 0,39
4	± 0	± 0	— 0,38	16	+ 7,30	— 3 87	+ 0,42
5	— 0,51	+ 0,47	+ 0,25	17	+ 7,73	— 1,59	— 0,11
6	+ 0,18	— 0,28	+ 0,54	18	+ 3 96	+ 0,03	— 0,05
7	+ 2,85	— 0,04	— 0,31	19	+ 2,75	+ 0,90	— 0,07
8	+ 1,70	+ 0,04	— 0,49	20	+ 0,98	— 0 80	+ 0,13
9	+ 2,20	— 2,54	— 0,01	21	+ 4,06	+ 1,22	+ 0,65
10	+ 2,05	— 3,42	— 0,30	22	+ 7,01	— 1,50	— 0,53
11	+ 3,62	— 2,79	+ 0,14	23	+ 8,13	+ 1,13	+ 0,67
12	+ 3,31	— 1,41	— 0,38				

Die Punkte 1 bis 4 dienten als Ausgangsfestpunkte fur die Bildorientierung, Bestimmung sowie die der 19 Kontrollpunkte kann als fehlerfrei gelten aus diesen unmittelbaren Messungsergebnissen, die an sich schon die mit Normalreihenverfahren erzielbare hohe Genauigkeit erkennen lassen, die tl Koordinatenfehler der verglichenen Punkte abzuleiten, sind die Beobtungsdifferenzen selbstverstandlich zuvor von systematischen Einflussen befreien Solche Einflusse sind bei den x-Werten besonders stark in Ermung getreten, man erkennt leicht, daß es sich hier — der Flug erfolgte im entlichen in der Richtung der x-Achse — um Maßstabsfehler handelt, die die Praxis insofern ohne Bedeutung sind, als sie bei der Reproduktion der te in einfacher Weise mechanisch zu eliminieren sind

Bringt man die Lagekoordinaten in ahnlicher Weise wie das bei Polygonen in der Vermessungskunde gebrauchlich ist, auf den durch die Endpunkte Zuges vorgeschriebenen Maßstab und eliminiert noch einen geringen kon-

[1] Fr Seidel, Jahresber d Reichsamts f Landesaufn Berlin 1929/30, Nr 2, 0 bis 94

stanten Fehleranteil (— 0,04 m) an den beobachteten Höhenunterschieden, ergeben sich die folgenden reduzierten Koordinatendifferenzen

Tabelle 3 Unregelmäßige Abweichungen gegen den Sollwert

Pkt	Δx	Δy	Δz	Pkt	Δx	Δy	Δz
1	— 0,42	+ 0,95	— 0,16	13	+ 0,52	— 2,17	— 0,05
2	— 0,52	+ 0,42	+ 0,03	14	+ 1,75	+ 0,68	+ 0,16
3	— 0,11	— 0,02	+ 0,05	15	+ 1,28	— 0,80	— 0,35
4	— 0,04	+ 0,02	— 0,33	16	+ 2,88	— 0,50	+ 0,53
5	— 1,25	+ 0,62	+ 0,29	17	+ 2,40	— 2,90	— 0,07
6	— 0,76	— 0,08	+ 0,58	18	— 1,84	+ 1,30	— 0,01
7	+ 0,20	+ 0,98	— 0,26	19	— 2,92	+ 2,06	— 0,02
8	+ 0,89	+ 0,38	— 0,45	20	— 1,68	+ 2,53	+ 0,18
9	— 0,62	— 1,09	— 0,56	21	+ 0,29	+ 0,65	+ 0,09
10	+ 0,05	— 2,13	— 0,26	21	— 0,34	+ 0,08	— 0,48
11	— 0,73	— 2,95	+ 0,19	23	+ 0,51	+ 2,68	+ 0,71
12	+ 0,23	— 0,72	— 0,42	Fehler-summe	— 0 01	— 0,01	— 0,01

Aus diesen Abweichungen ergeben sich

$$\Delta x = \pm 1{,}3 \text{ m}$$
$$\Delta y = \pm 1{,}5 \text{ m}$$
$$\Delta z = \pm 0{,}4 \text{ m}$$

Eine ähnliche, 1929 von R HUGERSHOFF durchgeführte Untersuchung der auf S 202 erwähnten Elbe-Reihe (10 Senkrechtaufnahmen auf AGFA-Fil $f = 135$ mm, mittlere relative Flughöhe 1200 m, Basisverhältnis 1 3, Gesam strecke 4,3 km) ergab für den mittl Höhenfehler $\pm$ 1,1 m, in guter Überei stimmung mit der „inneren" Genauigkeit der Höhen, die aus überschüssig Höhenmessungen an Punkten innerhalb der dreifach überdeckten Gebietste abgeleitet wurde und die $\pm$ 1,2 m betrug

Vergleichsmessungen hinsichtlich der Ergebnisse der Nadirpunkttria gulation sind nicht bekannt geworden Dagegen hat J KOPPMAIR (vgl S 1(aus der Ausgleichung einer Rautenkette, die sich aus einer Bildreihe von 12 Mo bildern ergab, den mittl Fehler einer bestimmenden Richtung zu $\pm$ 18,6′ (mittelt, durch den die innere Genauigkeit des Verfahrens einigermaßen gekenn zeichnet ist

d) Entzerrungen, bzw Luftbildkarten und Luftbildskizze Über die bei sorgfältiger Arbeit[1] und Wahl der Projektionsebene in mittlerer Hö (S 22) erzielbare Genauigkeit des Entzerrungsverfahrens berichtet K SCHNI DER[2] Er findet für den Planmaßstab 1 10000 ($f = 250$ m, relative Flugho 3400 m, Nadirdistanz der Aufnahmeachsen 1° bis 6°) einen mittl Lagefeh von $\pm$ 3 m, bei maximalen Abweichungen bis zu 5 m A SCHLÖTZER[3] gibt f den Kartenmaßstab 1 20000 als mittl Lagefehler $\pm$ 16 m an, die von ih untersuchten, aus einfachen Aufnahmen unmittelbar zusammengestellten „Lu bildskizzen" im Maßstab 1 10000 wiesen einen mittl Lagefehler von $\pm$ 52 m a

[1] Hierher gehören Vorkehrungen zur Erzielung der Maßhaltigkeit der naß l handelten Entzerrungen, wie Aufkopieren eines Koordinatennetzes und Aufkle auf feste Unterlagen, z B auf Aluminiumplatten, vgl auch S 24 Anm 1

[2] K SCHNEIDER, Versuche über Entzerrung von Fliegerbild u bisherige V suchsergebn , Brugg, 1926

[3] A SCHLÖTZER, Der Bauing 5, 1924

IX. Technik der Luftbildaufnahme

Ein wichtiger Zweig des „Luftbildwesens", d h der zusammenfassenden
stellung aller Verfahren und Hilfsmittel zur Gewinnung und Verwertung
Luftbildern,[1] ist die Technik der Bildaufnahme, und zwar insofern, als die
tschaftlichkeit der aerophotogrammetrischen Arbeitsergebnisse nicht nur
der Leistungsfähigkeit der Aufnahme- und Auswertegerate, sondern auch
hem Maße von der zweckentsprechenden Anordnung und rationellen Durch
ung der Bildflüge abhängt

A. Allgemeines

57. Arten der Aufnahmen und die aus ihnen abgeleiteten Produkte Außer
zelaufnahmen (vorwiegend einzelnen Schrägaufnahmen), die meist als
Ansichts- oder Übersichtsaufnahmen unmittelbar z B dem Unterricht,
eilen auch der militärischen Erkundung einzelner Objekte und deren Nach-
ing in vorhandene Karten (S 12) dienen, liefern die Bildfluge in der Haupt-
e Streifenaufnahmen Aus parallel nebeneinander angeordneten Bild-
fen ergeben sich die Flachenaufnahmen Sowohl Streifen- als Flächen-
ahmen setzen sich im allgemeinen aus Senkrecht- bzw Steilaufnahmen,
ner aus Schrägaufnahmen, zusammen Dabei unterscheidet man je nach dem
l der gegenseitigen Überdeckung der im Streifen aufeinanderfolgenden
er entweder Einfachaufnahmen (Überdeckung nur soweit, daß Lücken
ieden werden) oder Stereoaufnahmen (Überdeckung 60% bis 100%)
Die aus Einfachaufnahmen zusammengesetzten Streifen-, bzw Flächen-
ahmen bilden die Grundlage für Luftbildskizzen[2] (meist unmittelbare
ikartige Zusammenstellung der Aufnahmen, Abb 268) oder Luftbild-
e[3] (Zusammenstellung der zuvor auf einheitlichen Maßstab gebrachten
auf eine gemeinsame Horizontalebene umgebildeten oder entzerrten [S 17]
ahmen, Abb 269) Auf die Verwendung von Stereoaufnahmen gründet
die Herstellung topographischer Karten (Abb 270)

58. Flugzeuge[4] und andere Kammerträger. Das zur Zeit zweckmäßigste
mittel zum Hochbringen des Aufnahmegerätes ist zweifellos das Flugzeug,[5]
n hohe Geschwindigkeit allerdings an den Aufnehmenden hinsichtlich
ierksamkeit und Geschicklichkeit nicht geringe Anforderungen stellt Diese
rderungen sind weniger durch die Vornahme der Aufnahmen selbst bedingt,

---

Einen ausgezeichneten Überblick über den derzeitigen Stand des Luftbild-
is gaben die Sonderausstellung der Int Ges f Photogramm in Berlin (vgl
VALD, ZS f Flugtechnik u Motorluftschiffahrt, Berlin 1927, Heft 8), und die
ildausstellung auf der Int Luftfahrtausstellung ebenda (Ausstellungsheft der
wacht", Berlin 1928)

B M JONES und J C GRIFFITHS, Aerial surveying by rapid methods, Cam
e 1925

FR H MOFFIT, The Geogr Rev, New York, 10, 1920,, E L JONES, The
of the Franklin Inst, New York 1922, CL WINCHESTER und F L WILLIS,
l photography, a comprehensive survey of its practice and development, Boston,
U S A 1928, H LÖSCHNER, Mitt d Hauptvers deutsch Ing i d Tschecho-
kei, 1929

W BASSE, Allg Verm -Nachr 39, 1927, S 577, K SLAWIK, Allg Verm -Nachr
928, S 97, M J UNGEWITTER, Bildmess u Luftbildwes 3, 1928, S 49,
EIST, Luftwacht 1929, S 255

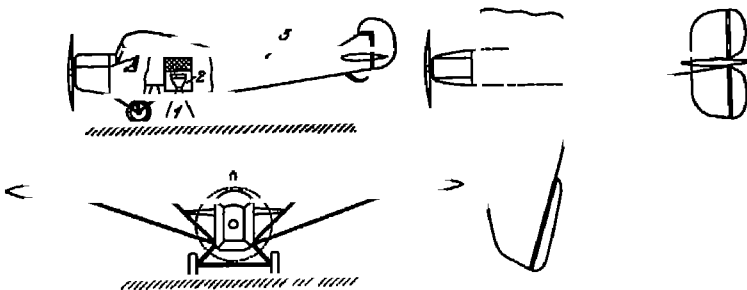
Einzelheiten über seine Konstruktion, über die Technik des Fliegens usw
LOEDEBECKS Taschenb f Flugtechniker u Luftschiffer, herausgeg v R SÜRING
WEGENER, Berlin 1923

für die heute automatische und durchaus betriebssichere Reihenbildner (S. 151
zur Verfügung stehen, als vielmehr durch die Überwachung der Einhaltun
streng vorgeschriebener Flugbahnen, also der speziellen Orientierung (S. 228)
die der Pilot nicht übernehmen kann. Eine Gewähr für die einwandfreie Auf
nahme eines größeren Gebietes ist im allgemeinen nur dann gegeben, wen
außer Piloten und Photographen ein besonderer Beobachter am Fluge teilnimmt
der den beiden erstgenannten die entsprechenden Anweisungen gibt.

Infolge des Motorlärms ist eine unmittelbare mündliche Verständigun
im allgemeinen ausgeschlossen, einfache Winke mit der Hand kommen selbst
verständlich nur dann in Frage, wenn sich Pilot und Beobachter, bzw. Photograp
in unmittelbarer Nachbarschaft befinden. Ist das nicht der Fall, so benutzt ma
entweder einfache Sprechtrichter und festanliegende Hörmuscheln, die durc
Schläuche verbunden sind (z. B. da
Aviophon der Firma Aera in Paris
oder man verwendet zwei vor der
Piloten und dem Beobachter ang
brachte identische Kommandosche
ben mit geeigneten Angaben, übe
diese Scheiben drehen sich Zeige
die gleichzeitig und gleichmäßi
entweder mechanisch durch geeig
nete Hebel und Wellen oder pneu
matisch betätigt werden. Das Schem
eines pneumatischen „Kommand
apparates" zeigt Abb. 240. De
durch die außenbords angebracht
Venturi-Röhre fließende Luftstro
erzeugt in den elastischen, durc
einen Schlauch verbundenen Buc
sen B_1 und B_2 einen Unterdruck. D
hierdurch bewirkte Formänderun
der Buchsen versetzt unter Ve
mittlung von Hebeln und Zah
rädern die Kommandozeiger Z_1 un
Z_2 in Drehung. Sind dabei die beiden in die Schlauchverbindung eingeschaltete
Ventile S und K geschlossen, so geben die Zeiger den maximalen Ausschlag. Durc
Drehen der Ventilschraube S, die dabei der Außenluft allmählich Zutritt gibt, kan
der Beobachter den Unterdruck in den Büchsen so regeln, daß die Zeiger auf d
gewünschte Angabe weisen. Der beim Piloten befindliche Zugknopf K ist i
allgemeinen unter der Einwirkung einer Druckfeder geschlossen. Durch kurz
Anheben dieses Knopfes erhält die Außenluft vollen Zutritt, so daß beide Zeig
während der Dauer des Anhebens in ihre Ausgangsstellen zurückgehen („Ve
standen"-Zeichen).

Abb. 240. Pneumatischer Kommandoapparat.

Ein für Vermessungszwecke geeignetes Flugzeug muß also zunächst und ga
allgemein die erforderliche Geräumigkeit besitzen und dem Beobachter ei
möglichst freie Sicht nach allen Seiten, vor allem aber nach vorn und unte
gewähren. Weiter müssen sowohl die Konstruktion des Rumpfes und des Fah
werkes als auch die Anlage der Steuerorgane (Stoßstangen und Kabel) die A
bringung eines Bodenloches mit genügend großem Gesichtsfeldwinkel für Sen
rechtaufnahmen zulassen, für Schrägaufnahmen wird selbstverständlich beide
seits ein entsprechend großes, weder durch Tragdecks noch durch Streben ei
geschränktes Gesichtsfeld gebraucht.

Die weiteren Anforderungen, die sich auf die Leistungsfähigkeit des Flugzeuges beziehen, sind abhängig von den speziellen Aufgaben und der Örtlichkeit betreffen zunächst die zu fordernde größte Steighöhe (Gipfelhöhe), die, er von der Höhenlage des Aufnahmegebietes, von dem gewünschten Bildmaßstab (S 223) und der Bildweite der Kammer bestimmt wird (S 110), in erst erschließenden Ländern also wesentlich größer sein wird als in Kulturländern, lenen im allgemeinen nur ein Verlangen nach großmaßstäblichen Karten beit In Kulturländern spielt auch die Zeitdauer, während welcher das Flugzeug ı in der Luft halten kann (in Flugkilometer umgerechnet Flugbereich oder Aktionsradius), eine geringe Rolle, wogegen der Flugbereich in Neuländern mit nur ngen Flugstützpunkten von entscheidender Bedeutung ist Für deutsche Verhältnisse genügen beispielsweise Flugzeuge, die bei einer längsten Flugdauer vier Stunden eine Steighöhe von etwa 3000 m erreichen Wirtschaftliche ünde verlangen eine möglichst hohe Steiggeschwindigkeit, klimatische Verhältnisse und beschränkte Unterbringungsmöglichkeit stellen an das Bau-

241 Focke-Wulf A 21 (Maßstab 1 325), Stahlrohrrumpf, Sperrholzflügel 1 Bodenöffnung, 2 Seitenöffnung mit Jalousie, 3 Dunkelkammer

erial bestimmte Anforderungen in tropischen und wenig erschlossenen bieten wird das Ganzmetallflugzeug vorzuziehen sein

Spezielle Vermessungsflugzeuge gibt es zur Zeit noch nicht Für die vorliegenden Aufgaben universell geeignet sind freitragende Hochdecker, bei denen Beobachter vor oder neben dem Piloten sitzt Mit mehr oder weniger Beschränkungen sind aber auch andere Typen verwendbar Von den für Luftaufnahmen in Gebrauch befindlichen deutschen Konstruktionen seien (in alphabetischer Reihenfolge) erwähnt

Focke-Wulf A 21 (Abb 241), Hersteller FOCKE-WULF FLUGZEUGBAU A G Bremen,

Heinkel H D (Abb 242), Hersteller FLUGZEUGWERKE ERNST HEINKEL m b H in Warnemünde,

Junkers W 33 (Abb 243), Hersteller JUNKERS-FLUGZEUGWERK A G, sau,

Messerschmitt M 18 (Abb 244), Hersteller BAYERISCHE FLUGZEUGWERKE A-G, Augsburg

Für Großflächenaufnahmen kommt neben dem Flugzeug wenigstens theoretisch auch das Lenkluftschiff[1] in Betracht Es bietet gegenüber dem eren nicht nur durch seine im allgemeinen ruhigere Lage und größere Gerau-

[1] Über das tragische Ende G KAMMERERS am 20 Juni 1914 bei den wohl ersten togrammetrischen Versuchen in einem Lenkluftschiff (System KRUING) betet E DOLEŽAL, Int Arch f Photogramm 5, 1915, S 2

migkeit, sondern vor allem durch seine in weiten Grenzen regulierbare Gesch
digkeit beachtenswerte technische Vorteile Der letztere Umstand ist von
deutung bei Fahrten in geringer Hohe, hier kann man ubrigens, bei Verwen

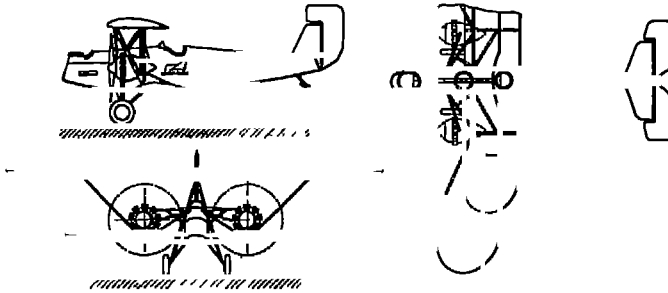



Abb 242 Heinkel H D 20 (Maßstab 1 250), Stahlrohrrumpf, teilweise Stoffbespann Beobachterkanzel

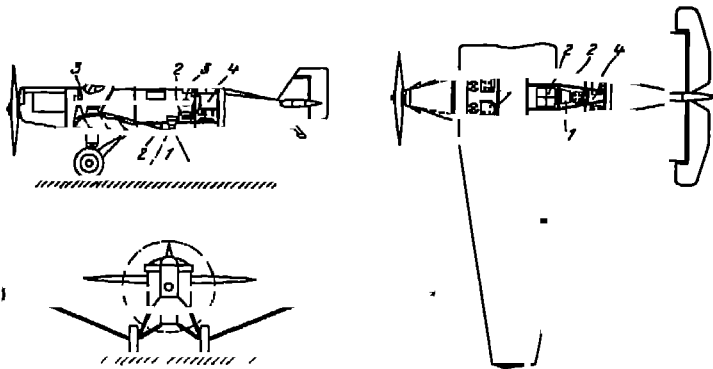



Abb 243 Junkers W, 33 (Maßstab 1 240), Ganzmetall 1 Reihenbildner, 2 Beobach fenster, 3 Verständigungsgerät, 4 Dunkelkammer

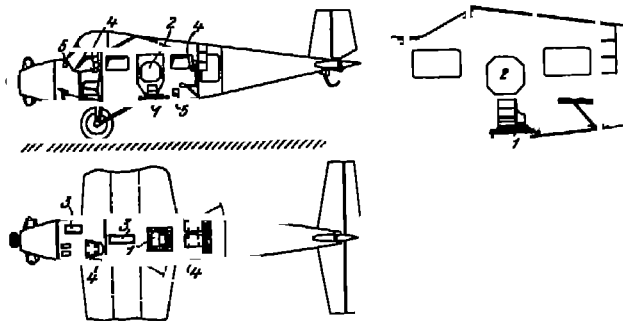



Abb 244 Messerschmitt M 18 (Maßstab 1 270), Ganzmetall 1 Reihenbildner, 2 Öffnu Schrägaufnahmen 3 Suchöffnungen mit Visierlinie, 4 und 5 Verständigungsgeräte

je einer Kammer im Bug und Heck (S 194), aufeinander folgende Meßbild
gleichzeitig aufnehmen, was, falls die Fahrthöhe das drei- bis funffach
Kammerabstandes nicht uberschreitet, bei Aufnahmen von ganz oder teil
bewegten Objekten wertvoll sein kann

Den angedeuteten Vorteilen stehen nicht unwesentliche insbeso
wirtschaftliche Nachteile gegenüber, so z B der hohe Preis der Fahrzeuge

Forderung von Stutzpunkten mit im allgemeinen kostspieligen Sondereinıtungen Wenn auch Aktionsradius und Betriebssicherheit der modernen PPELIN-Schiffe gestatten, mit einem Ankerplatz weit außerhalb des Arbeitsnetes auszukommen, so werden doch hier die Kosten der Anfahrt die Rentatät des Ergebnisses im allgemeinen in Frage stellen Anders freilich liegen die rhältnisse, wenn das Lenkluftschiff der wirtschaftlichen Erschließung von ländern indirekt durch allgemeine geographische Forschungen dienen soll, r wird es zweifellos eine ausgezeichnete Basis fur die topographische Darllung des uberfahrenen Gebietes liefern Versuche in dieser Richtung werden ch die aerogeodätische Kommission der „INTERNATIONALEN GESELLSCHAFT R ERSCHLIESSUNG DER ARKTIS MIT LUFTFAHRZEUGEN“ vorbereitet

Der Freiballon, dessen Benutzung wertvollste Anregungen zur Entwickg der Methoden der allgemeinen Photogrammetrie gegeben hat, kommt ktisch fur die kartographische Aufnahme eines vorgeschriebenen Gebietes stverstandlich nicht in Frage Dagegen hat der bemannte Fesselballon[1] Kammerträger für militärische, insbesondere artilleristische Aufgaben[2] wertle Dienste geleistet Er kann hier unter Umstanden zur kartographischen tlegung von einzelnen wichtigen Zielpunkten und von Veränderungen im lände benutzt werden Stereoskopische Bildpaare lassen sich dabei durch fnahmen aus verschiedenen Höhen gewinnen Zur mechanischen Ausarbeitung her Aufnahmen mit (im wesentlichen) vertikaler Basis vgl S 92

An dieser Stelle mag auch auf die Versuche hingewiesen werden, eine Kammer , einem Preßluft-Katapult in eine bestimmte Höhe zu heben, wahrend des rabgleitens der an einem Fallschirm befestigten Kammer erfolgt die Beıtung Der hierfur erforderlichen, von N MAUL angegebenen und (nicht ız zutreffend) als „Raketenapparat“ bezeichneten Vorrichtung[3] kommt hl, ebenso wie den Versuchen, Aufnahmen durch Brieftauben[4] vornehmen lassen, kaum eine ernsthafte Bedeutung zu

Ebenso wie der bemannte Fesselballon können zur Erkundung bzw Aufıme engbegrenzter Gebiete auch unbemannte Fesselballone und Drachen rwendung finden, beide Hilfsmittel eignen sich wegen ihrer geringen Anaffungs-, Transport- und Betriebskosten unter Umstanden gut als behelfsßige Kammertrager auf Forschungsreisen,[5] z B für archaologische Expedınen Es ist erwiesen, daß auf Senkrechtaufnahmen die Begrenzung verutteter kunstlicher Anlagen, die bei der einfachen Begehung des Arbeitsnetes oft verborgen bleiben, deutlich in Erscheinung treten

Über praktische Erfahrungen mit unbemannten Fesselballonen berichtet gehend A RANZA[6] Umfangreiche Versuche mit Drachen hat vor allem THIELE[7] durchgefuhrt, auch die Versuche von TH SCHEIMPFLUG[8] sind er-

[1] Über konstruktive Einzelheiten vgl z B R SÜRING, Der Kugelballon, in FDEBECKS Taschenbuch, Berlin 1923

[2] Vgl z B E EWALD, Photographie, ebenda (s Anm 1)

[3] TH SCHEIMPFLUG, Int Arch f Photogramm 1, 1908, S 213, vgl auch ebenda 1915, S 68

[4] Vgl Arch f Photogramm 1, 1909, S 297 u 304, ferner Phot Korresp 52, 5, S 12

[5] I TSCHAMLER, Int Arch f Photogramm 3, 1912, S 116

[6] Fototopografia e fotogrammetria aera, Rom 1907, vgl dazu das Referat von SCHEIMPFLUG, Int Arch f Photogramm 1, 1908, S 75 Eine Haltevorrichtung für selballone beschreibt H WILD, D R P Anmeldung vom 31 Okt 1921, Kl 42c/9

[7] R THIELE, EDERS Jahrb f Phot u Reprod , Halle a S 1902, Int Arch f otogramm 1, 1908, ebenda, vgl auch E DOLEŽAL, ebenda 4, 1913, S 2

[8] TH SCHEIMPFLUG, Phot Korr 40, 1903, S 659

wähnenswert Letzterer gab eine klare Übersicht über die verschiedenen Drachenkonstruktionen,[1] die technische Seite der Bildaufnahme vom Drachen aus fand eine vorzügliche Darstellung durch J TH SACONEY[2] Eine spezielle Drachenkammer wurde von E WENZ angegeben[3]

59. Bemerkungen zur Organisation. Die praktische Durchführung aerophotogrammetrischer Aufgaben ist zunächst an das Vorhandensein einer Bodenorganisation gebunden Diese umfaßt neben der Erkundung von Hilfs und Notlandeplätzen die Herstellung und Unterhaltung von Flugstützpunkten, die für Start und Landung geeignet sein und entsprechende Unterkunftsmöglichkeiten für Flugzeuge, Personal und Material, außerdem aber Reparaturwerkstätten und Dunkelkammer besitzen müssen Je weiter die Flugstützpunkte von einander und von allgemeinen Verkehrsplätzen entfernt liegen, umso notwendiger werden unabhängige Funkeinrichtungen und Hilfsmittel zur selbständigen Beobachtung und Messung atmosphärischer Vorgänge Von besonderer Wichtigkeit sind Vorkehrungen zur Versorgung der Stützpunkte mit Wasser, Betriebsstoff und Ersatzmaterial Große Entfernungen zwischen den Flugstützpunkten erfordern starke im Bildflugbetrieb wenig rentable Flugzeuge von entsprechend großem Aktionsradius

Eine derartige in Kulturländern mit regelmäßigem Luftverkehr bereits vorhandene Bodenorganisation ist in Neuländern erst zu schaffen, im Hinblick auf ihre Kostspieligkeit wird sie sich im allgemeinen nur im Zusammenhang mit der Organisation der allgemeinen verkehrstechnischen und wissenschaftlichen Erschließung des betreffenden Gebietes durchführen lassen

Für ausgedehnte und insbesondere von Flugstützpunkten weit entfernte Arbeitsgebiete ist ferner das Vorhandensein eines organisierten Wetterdienstes[4] eine wertvolle Hilfe, die allerdings wegen der in Ländern von mittlerer geographischer Breite im allgemeinen unsicheren Prognosen häufig versagt Die Möglichkeit von Fehlprognosen — eine rationelle Luftbildmessung ist selbstverständlich an das Vorhandensein einer klaren Sicht und einen bei hochstehender Sonne wolkenlosen Himmel gebunden[5] — erschwert in solchen Ländern die Vorausberechnung der Kosten einer Aufnahme in hohem Maße

Es liegt in der Natur der eine großzügige Organisation und das Vorhandensein wertvoller Geräte voraussetzenden Luftbildmessung, daß sie mit der gewissen Aussicht auf Wirtschaftlichkeit nur von Behörden und von solchen Privatgesellschaften betrieben werden kann, denen durch amtliche Aufträge die notwendige Nachhaltigkeit des Unternehmens gesichert ist In Deutschland wird durch die photogrammetrische Abteilung des Reichsamtes für Landesaufnahme in Berlin die Luftbildmessung praktisch ausgeübt, auch Stadtvermessungsämter, an ihrer Spitze das Vermessungsamt von Hamburg, bedienen sich ihrer mit wachsendem Erfolg Einen ausführlichen Tätigkeitsbericht der letzteren Behörde enthält die von der „DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR PHOTOGRAMMETRIE“ bearbeitete Abhandlung „Luftbildwesen“ des Ausstellungsheftes der „Luftwacht“ (Berlin 1928) Hier finden sich auch wertvolle Darstellungen bisher durchgeführten Arbeiten der zur Zeit tätigen Privatgesellschaften, nam-

[1] TH SCHEIMPFLUG, Erhaltung der Stabilität, wichtigste Formen und Verwendungsarten der Drachen, in HOERNES, Buch d Fluges, Wien 1903 Vgl auch MOEDEBECKS Taschenbuch f Flugtechn u Luftschiffer, 4 Aufl, S 111 u 685

[2] J TH SACONEY, Int Arch f Photogramm 2, 1911, S 188

[3] E WENZ, Int Arch f Photogramm 2, 1911, S 216

[4] K WEGENER, Prakt Wetterkunde und Aerologie, in MOEDEBECKS Taschenb f Flugtechn u Luftschiffer, Berlin 1923

[5] Vgl besonders W BASSE, Allg Verm-Nachr 39, 1927, S 577 ff

h der AEROKARTOGRAPHISCHEN INSTITUT A.-G in Breslau, der HANSA LUFT-.D G m b H in Berlin, der JUNKERS LUFTBILDZENTRALE in Dessau-Leipzig d der PHOTOGRAMMETRIE G m b H in Munchen

An gleicher Stelle und weiterhin in der „Luftwacht“ 1929, S 109 gibt LÜSCHER eine ausgezeichnete Übersicht uber die Luftbildmessung im Ausnd, die ubrigens inzwischen eine starke Weiterentwicklung genommen hat

So sei hier nachgetragen, daß in den Vereinigten Staaten die Aerotopoiph Corporation of America gegründet wurde, die sich unter Leitung von C BIRDSEYE, des verdienten Chefs der photogrammetrischen Abteilung U S A GEOLOGICAL SURVEY, vor allem mit der Herstellung von Schichikarten befaßt und die in Washington mit drei Aerokartographen arbeitet rner bedient sich das Ministerium fur Handel und Gewerbe in Bukarest es Autokartographen zur Herstellung des Minenkatasters

B. Vorbereitung und Durchführung des Bildfluges

60 Aufnahmedispositionen und wirtschaftliche Erwägungen. Die erste Überung betrifft die Wahl der Flughöhe H Sie ergibt sich aus dem geforderten dmaßstab 1 b bei einer Bildweite f der zu benutzenden Kammer zu

$$H = f\ b \tag{1}$$

bei, wie zunächst auch bei allen folgenden Beziehungen, Senkrechtaufnahmen ausgesetzt sind, die heute in der Praxis fast ausschließlich verwendet werden r Bildmaßstab 1 b ist selbstverstandlich abhängig vom Maßstab 1 k der ibsichtigten Kartierung Es gilt

$$b = k\ n\ (n \geq 1) \tag{2}$$

Da die von einer Aufnahme uberdeckte Flache Q bei einem nutzbaren chenınhalt i des Bildes

$$Q = i\ \frac{H^2}{f^2}$$

, dem Quadrat der Flughöhe wachst, wird man H so groß wahlen, als es die dgute im weitesten Sinne im Hinblick auf die verlangte Genauigkeit des sultates noch zuläßt Erfahrungsgemaß gilt

$$\left.\begin{array}{l} n = 1 \text{ bei hoher Anforderung} \\ n = 2 \text{ bei mittlerer Anforderung} \\ n = 3 \text{ bei geringer Anforderung} \end{array}\right\} \tag{3}$$

Außer dem Bild- und Kartenmaßstab ist noch der Maschinenmaßstab zu ücksichtigen, d h der Maßstab, in dem das Ausmeßgerat die Karte unmittelliefert Sollen Karten- und Maschinenmaßstab, wie das im allgemeinen unscht ist, identisch sein, so muß bei Wahl der Flughöhe der Arbeitsbereich oße der Zeichenflache, Einstellungs- und Verschiebungsmoglichkeiten des usschlittens) des benutzten Kartierungsgerates berücksichtigt werden [1] Die ksichtnahme kann unterbleiben, wenn die Kartierungsgerate in Verbindung einem Koordinatographen (S 102) und geeigneten Wechselgetrieben benutzt den

Nach Feststellung der Flughohe ist, falls nicht Einzel- oder Einzelstreifennahmen, sondern, wie zumeist, Flachenaufnahmen verlangt werden, der igbahnabstand A zu berechnen, der bei unmittelbarer, also überdeckungs-

[1] Vgl z B FR MANEK, Int Arch f Photogramm 6, 1923, S 134, ferner ISELBE, ebenda 5, 1919, S 285

loser Aneinanderreihung der Streifen gleich der ins Gelände projizierten, quer zur Flugrichtung liegenden (nutzbaren) Formatseite s_q ist

$$A = s_q \frac{H}{f}$$

oder bei der aus Sicherheitsgründen selbstverständlich zu fordernden Querüberdeckung von $q\%$

$$A = s_q \frac{H}{f} \frac{100 - q}{100} \tag{4}$$

Die Berechnung der Abstände aufeinanderfolgender Aufnahmen innerhalb der Streifen, d h der **Basislänge** B bzw der für ihre Zurücklegung erforderlichen Zeit, kommt heute praktisch kaum noch in Frage, da bei Verwendung von Reihenbildnern die Belichtung der Folgebilder zwangläufig geschieht, wobei die Arbeitsgeschwindigkeit entsprechend der Flugzeuggeschwindigkeit über Grund geregelt werden kann (Überdeckungsregler, S 236) Aber auch für moderne Handkammern, die in Aufhängestellen benutzt werden, können Hilfseinrichtungen geliefert werden, die optisch-mechanisch die Einhaltung einer vorgeschriebenen Überdeckung ermöglichen (S 145 und S 237) Da die Basis bei einer Längsüberdeckung l von 100% offenbar Null, bei 0% aber gleich der ins Gelände projizierten (nutzbaren) Formatseite s_l ist, so ist leicht zu erkennen, daß

$$B = s_l \frac{H}{f} \frac{100 - l}{100}, \tag{5}$$

so daß sich für das Intervall t (in Sekunden) zwischen aufeinanderfolgender Aufnahmen bei einer Grundgeschwindigkeit (S 236) V (in m/sec) ergibt

$$t = \frac{B}{V} \tag{6}$$

Zur Vorbereitung eines Bildfluges gehört auch die Berechnung der **Anzahl** Z der erforderlichen Aufnahmen für die zu überdeckende Fläche F, eine Zahl, die überdies eine der wichtigsten Grundlagen für die Berechnung der Selbstkosten der nachfolgenden Kartierung ist Bezeichnet man die von **einer** Aufnahme überdeckte nutzbare Fläche mit Q, so gilt

$$Z = \frac{F}{Q} \tag{7}$$

Es ist leicht einzusehen, daß Q dem aus der Aufnahmebasis B und dem Flugbahnabstand A gebildeten Rechteck entspricht, es gilt also gemäß (4 und (5)

$$Q = \frac{s_l \; s_q}{f^2} \frac{100 - l}{100} \frac{100 - q}{100} H^2 \tag{8}$$

In dieser Gleichung ist, da man im allgemeinen mit derselben Kammer arbeiten und auch immer die gleichen als zweckmäßig und ausreichend erkannten Überdeckungsverhältnisse wählen wird, der Faktor von H^2 eine Betriebskonstante die z B für den Reihenbildner $f = 13{,}5$ cm $s_l = s_q = 11$ cm (S 153) und für $l = 60$ und $q = 20$ den Wert 0,21 annimmt Demnach beträgt für $H = 3000$ m die nutzbare Fläche einer Aufnahme 1,9 km², womit sich bei gegebener Fläche F die erforderliche Aufnahmezahl durch eine einfache Division ergibt

Zur Erleichterung der Anwendung der bisher abgeleiteten Beziehungen (1), (4), (5) und (8) dient das in Abb 245 dargestellte, von H GRUNER entworfene Diagramm,[1] dessen Gebrauch sich ohne weiteres an Hand der dort angeführten

[1] Ähnliche Hilfsmittel wurden angegeben von H DOCK, Planung von Vermessungsflügen f Senkrechtaufnahmen, Prag 1927, und O LACMANN, ZS f Verm 57, 1928, S 497

spiele ergibt Die diesem Diagramm zugrunde gelegte Längsüberdeckung 60% wird dann wesentlich geringer sein dürfen, wenn die Aufnahmen nur

245 Diagramm zur Ermittlung der Flugdaten für Raumbild-Senkrechtaufnahmen 1 Bei Bei dem vorgeschriebenen Bildmaßstab 1 10000 und der Kammerbildweite 180 mm (I) er- sich als Flughöhe (II) 1800 m, als Basislänge (III und IV) 660 m und als Flugabstand (V) u 2 Beispiel Beim Bildmaßstab 1 10000 und der Kammerbildweite 180 mm (Ia) ergeben sich als nutzbare Fläche bei einer Querüberdeckung von 20% (IIa) 0,55 qkm je Aufnahme

Herstellung eines Bildplanes 217) dienen sollen Aber auch 1 wird man die aus Sicher- gründen erforderliche Längs- deckung von 10% bis 20% entlich größer wählen müssen, n die geforderte Genauigkeit Rücksicht auf die Höhen- derung des Geländes (S 22) dadurch erreicht werden kann, man sich auf die Ausarbei- der mittleren Teile der Bilder hrankt Die richtige Wahl der rdeckung wird hierbei durch von H Dock a a O veröffent- es, in Abb 246 wiedergegebe-

Abb 246 Begrenzung des für das Entzerrungsverfahren ausnutzbaren Bildfeldes bei nicht ebenem Gelände

Diagramm wesentlich erleichtert Es stellt Fehlerzonen in einer Aufnahme 180 mm, Format 13 18 cm) dar, unter der Annahme, daß der von Höhen renzen erzeugte Lagefehler 0,1 mm nicht überschreiten soll So sieht man (linker unterer Quadrant), daß bei einer Flughöhe von 2000 m und 7 m

Höhendifferenz nur der hauptpunktnahe Teil, bei 3,3 m Höhendifferenz Bild nur bis einschließlich der Mittelzone und erst bei Höhendifferer unter 2,2 m die Aufnahme voll ausgenutzt werden kann

Die den Beziehungen (1) bis (8) entsprechenden Gleichungen für Schr aufnahmen sind weniger einfach, mit Rücksicht auf die heute geringere deutung solcher Aufnahmen sollen fur sie geltenden Aufnahmedispositic nur auf (praktisch ubrigens völlig reichendem) graphischem Wege darges werden Abb 247 zeigt die Konstrukt

Abb 247 Konstruktion des von einer Schräg-aufnahme überdeckten Geländeabschnittes

Abb 248 Geländeüberdeckung durch ein Sc bildpaar

Abb 249 Anreihung von Schrägbildpaaren

des von einer Schrägaufne überdeckten Gebietes, als „ lerer" Bildmaßstab $1 : b_m$ hier der Maßstab in der H horizontalen, es ist

$$1 : b_m = f \sin \nu : H$$

In Abb 248 ist das von e Bildpaar uberdeckte Gel wiedergegeben, die Basis B so zu wahlen, daß B_1 (Abb 247) etwa 1 : 3 ist I doppelt uberdeckte Gebie das Rechteck mit maxin Flacheninhalt zu konstrui Die Grundseite B_2 dieses R ecks ergibt den Abstand benachbarter Aufnahmepaare (Abb 249) Die A des Rechtecks bestimmt dagegen den Abstand benachbarter Flugbe (Abb 250) Aus B_2 und A findet sich, wie leicht ersichtlich, die Anzah Z erforderlichen Bildpaare

[1] Hierbei ist $y_o < y_u$ wegen der meist mangelhaften Bildqualitat in der zu wahlen

[2] Auf die Ableitung einer Formel für die Seiten dieses Rechtecks — etv Funktion der parallelen Seiten, der Höhe und des Konvergenzwinkels φ des Trape kann hier verzichtet werden, in der Praxis genügt schon mit Rücksicht auf di nahmeschwierigkeiten eine Konstruktion nach Augenmaß

Es wurde bereits kurz darauf hingewiesen, daß die Anzahl der zur Er-
ung eines bestimmten Bildauftrages erforderlichen Einzelaufnahmen nicht
für die Flugplanung, sondern auch fur die Veranschlagung der Gestehungs-
ten des Endzieles, der Karte, von Bedeutung ist Dabei wird der durch die
gkosten bedingte Anteil an diesen Kosten um so hoher sein, je weniger Auf-
umen während eines Fluges auszufuhren waren Für das Verhaltnis der
zahl der aufzunehmenden Bilder zur Dauer des hierzu erforderlichen Fluges
W BASSE[1] die Bezeichnung „Wirkungsgrad des Fluges" eingeführt
ist offenbar bei Einzelaufnahmen und Streifenaufnahmen stark gekrummter
jekte (Flußläufe), da nur im Geradeausflug Meßbildaufnahmen gemacht
den können, am geringsten, bei Flächenaufnahmen am größten Der Wir-
ıgsgrad wächst hier mit zunehmender Größe der Fläche und abnehmender
tfernung des Aufnahmegebietes vom Flugstützpunkt Bei Flachenaufnahmen
nmt es aber nicht nur auf die Größe, sondern auch auf die Gestalt des
zunehmenden Gebietes an Wirtschaftlich am günstigsten ist offenbar eine
hteckige, dem Vorgang der Flachenaufnahme durch Aneinanderreihen von
eifen am besten angepaßte Form Je unregelmaßiger die Begrenzung des

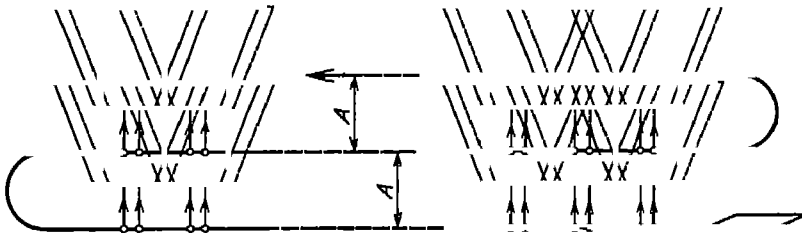



Abb 250 Flächenaufnahme mittels Schrägaufnahmen zur Raumbildmessung

nahmegebietes ist, um so größer wird praktisch das tatsachlich aufgenommene
biet gegenuber demjenigen sein, das aufgenommen werden soll Das Ver-
tnis des letzteren zum ersteren nennt W BASSE a a O den „Wirkungs-
d des Auftrages" Er ist bei der Kostenveranschlagung ebenso in Betracht
ziehen wie der erwähnte Umstand, daß — besonders hinsichtlich der nach-
enden Ausarbeitung — die Gestehungskosten fast proportional der Anzahl
erforderlichen Aufnahmen wachsen Die Zahl [siehe Gleichung (7)] wachst
abnehmender Große der bei einer Einzelaufnahme ausnutzbaren Flache,
Verhaltnis der letzteren zu der von einem Einzelbild voll überdeckten Fläche
eichnet W BASSE als den „Wirkungsgrad der Aufnahme", der bei
eoskopischen Schragaufnahmen am kleinsten und bei den sogenannten Ein-
ıaufnahmen am größten ist, hier aber (vgl Abb 246) mit zunehmender
ıengliederung des Geländes sinkt

Mit Rucksicht auf die angedeutete Abhangigkeit der Kostenfaktoren einer
tbildmessung[2] von der jeweiligen Sachlage können hier allgemein gultige
len selbstverstandlich nicht gegeben werden Immerhin sei erwahnt, daß

[1] W BASSE, Allg Verm -Nachr 39, 1927, S 577, vgl hierzu auch K SLAWIK,
ıda 40, 1928, S 97

[2] Kostenvoranschläge für terrestrisch photogrammetrische Arbeiten sind wesent-
schwieriger aufzustellen, vgl hierzu O LACMANN, Zentralbl d Bauverwalt 1922,
89, K DOMANSKY, Int Arch f Photogramm 6, 1923, S 202, FR MANEK,
ıda 6, 1923, S 144

nach M J UNGEWITTER[1] allein die Kosten der Abschreibung, Versicherung Verzinsung von drei Flugzeugen — wenigstens in Deutschland mit seinen gunstigen Wetterverhältnissen — einen Flugkostenanteil von etwa 30 R mark je Quadratkilometer, Karte in 1 5000, bewirken

Fur die Gesamtkosten der Ausarbeitung eines großeren zusam hängenden Gebietes — wohl ohne die Kosten der Reinzeichnung — ZUMPFORT[2] folgende ungefahre Preise je Quadratkilometer in Reichsmar

Luftbildskizze	Luftbildplan ohne Überlappung	Luftbildplan mit Überlappung	Luftbildkarte ohne Höhenschichten	Luftbildkarte mit Höhenschichten	Karte ı Höhenschi und Luftbi
RM	RM	RM	RM	RM	RM
		Maßstab 1 10 000			
20—35	40—50	55—70	180—250	250—350	300—4
		Maßstab 1 5 000			
50—70	65—75	80—100	400—500	500—700	600—8

Nach FR SEIDEL betrugen bei der topographischen Grundkarte 1 500 AMRUM (S 213) die Kosten einschließlich Reinzeichnung und aller Ko messungen 838 RM je Quadratkilometer Sowohl den Zahlen ZUMPFORT auch den Angaben SEIDELS liegt der (wirtschaftlich ungunstigste) Fa grunde, daß der Bildmaßstab gleich dem Kartenmaßstab ($n = 1$, vgl S 22

61. Orientierung während des Fluges Bei der Durchfuhrung eines fluges wird die Einhaltung der oben festgestellten Flugdaten, also zunäch vorgeschriebenen relativen Flughöhe gefordert Letztere entspricht, das aufzunehmende Gelände nicht ein allgemeines starkes Gefälle zeigt, bestimmten, an einem Federbarometer (über Sonderkonstruktionen siehe S leicht abzulesenden absoluten Höhe, ihre Festhaltung kann dem vorher unte teten Piloten ohne Kontrolle durch den Beobachter überlassen werden, e auch im allgemeinen die Einhaltung einer im Gelände scharf vorgezeich speziellen Flugbahn (Streckenaufnahme eines Flußlaufes), unter der V setzung, daß auch der Pilot eine gute Sicht nach unten und voraus hat Da ist es dem Piloten praktisch nicht möglich, die fur Flächenaufnahmen wendigen parallelen Flugbahnen von vorgeschriebenem Abs ohne Mithilfe des Beobachters einzuhalten

Rein flugtechnisch bereitet ubrigens schon der Geradeausflug auf ein kantes, im Horizont gelegenes Ziel Schwierigkeiten, selbst bei völlig r Luft ist hier dem durch Bauart und Antriebsmittel bedingten Bestrebe Flugzeuges, seine Bahn zu verlassen,[3] durch entsprechendes Ruderhalte gegenzuwirken Tritt Seitenwind auf, so wird sich das Flugzeug dem Fern in einer Kurve nähern, wenn nicht gleichzeitig aus Grundbeobachtunge „Abtrift" festgestellt und berücksichtigt wird (Zielfernrohr von H Bo S 236) Fehlt der ferne Zielpunkt, so werden zwar Richtungsänderunge Längsachse des Flugzeuges am Ausschlag des Steuerkompaß (S 233) erk

[1] M J UNGEWITTER, Bildmess u Luftbildwes 3, 1928, S 49

[2] L ZUMPFORT, „Briefe" d Landesplanungsverbandes Düsseldorf, 1926, Vgl hierzu auch H LORKE, Bildmess u Luftbildwes 1, 1926, S 16

[3] Über d Einfluß einer Querneigung auf die Flugbahn bei Zielflügen vgl JONES, Aerial Surveying, S 12

ht aber Richtungsänderungen der Flugbahn, wie sie durch Seitenwind erzeugt rden Die Abtrift bewirkt auch, daß — wenigstens bei Hin- und Rückflügen — Flugbahnen auf gleichem bzw um 180° verschiedenem Kompaßkurs konverren oder divergieren

Die Orientierung des Flugzeuges nach parallelen gleichabstandigen Bahnen verhältnismäßig leicht, wenn bereits eine Karte des aufzunehmenden Gebietes liegt Man umrandet dann die zu kartierende Flache und zeichnet bb 251)[1] das Bahnsystem darüber, und zwar unter Verwendung des aus der ziehung (4) berechneten oder dem Diagramm Abb 245 entnommenen Abndes A Die Einhaltung dieser vorgezeichneten Bahnen setzt ihre Auffindung hrend des Fluges voraus, das ist um so leichter möglich, je mehr Punkte der

251 Entwurf des Flugplanes in einer Übersichtskarte H = 1800 m, A = 880 m, B = 660 m (vgl Abb 245)

rtenbahn sich vom Flugzeug aus mit den entsprechenden Geländepunkten ntifizieren lassen, je abwechslungsreicher also das Gelände vor allem hinsicht- der Situationseinzelheiten ist Die Schwierigkeit der Identifizierung wächst der Zunahme der scheinbaren Geschwindigkeit, also mit abnehmender ghöhe

Der Pilot wird, falls er sich wegen mangelnder Sicht nicht selbst an dieser kten Orientierung beteiligen kann, den aus der Karte zu entnehmenden l um die Mißweisung verbesserten Kompaßkurs steuern Der Beobachter t die vor allem durch Abtrift notwendig werdenden Korrekturen, um diese ein Mindestmaß einzuschränken, wird man das Bahnsystem nicht beliebig r das Aufnahmegebiet, sondern, was nur kurz vor dem Start geschehen kann, die Richtung des herrschenden Windes legen

Fehlt eine brauchbare Karte, so ist eine Flachenaufnahme nur mit Hilfe onderer Instrumente möglich Zwar können unter Voraussetzung einer stanten Windrichtung und bei Verlegung der Flugbahnen in diese Richtung

[1] Der Flugplan entspricht dem in den Abb 268 bis 271 dargestellten Beispiel

parallele Flugbahnen eingehalten werden, ihr Abstand laßt sich aber mit
bisher erwähnten Instrumenten nicht regeln

Es ist vorgeschlagen worden, die vorliegende Aufgabe mittels eines b
sucherartigen Zielgerates zu lösen, das an der Bordwand angebracht wird
Zielungen quer zur Flugrichtung gestattet Die Zielrichtung ist gegen die V
tikale um einen Winkel ω geneigt, der etwas kleiner ist als der Öffnungswi
des Kammerbildfeldes (Abb 252) Damit werden die Richtpunkte für
Nachbarstreifen während des Fluges bestimmt und dem Gedachtnis eingepr
Der zweite Streifen wird so geflogen, daß die Merkpunkte P des ersten Strei
senkrecht unter dem Flugzeug liegen, während man „gleichzeitig am Sucher
neue Merkpunkte fur den dritten Streifen aussucht "[1]

Es bedarf keines Beweises, daß ein solches Gerät, das zuerst von E MA
in Paris als „Viseur-derivomètre" in den Handel gebracht wurde, k
praktischen Wert besitzt, jedenfalls aber in einförmigem Gelande völlig
sagen muß

Eine allen praktischen Anforderungen genugende über jedem belieb
Gelande verwendbare Vorrichtung zur Erzielung des vorgeschriebenen B
abstandes muß offenbar den uber Gr
zuruckgelegten Weg unmittelbar anzei
ähnlich wie etwa das Tachometer e
Kraftwagens Ein solcher Grundgeschwin
keits-[2] bzw Grundwegmesser (S 238) w
erst in letzter Zeit von R HUGERSH
(AEROTOPOGRAPH G m b H, Fabrika
G HEYDE, G m b H, beide in Dres
angegeben

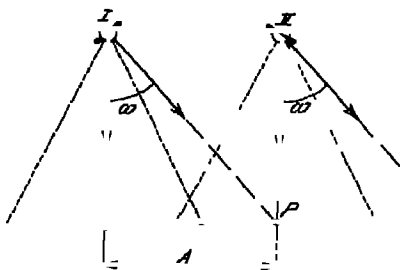



Abb 252 Wirkungsweise der Zielgeräte des Systems MAUVE zur Einhaltung des Flugbahnabstandes

Bisher waren nur indirekte Verfa
zur Lösung dieses Problems bekannt (gra
sche oder rechnerische Bestimmung
Grundgeschwindigkeit entweder aus B
achtungen der Abtrift bei verschied
Kompaßkursen [Methode von G COUTINHO oder Navigraph von LE PRI
Firma AERA in Paris] oder aus Beobachtungen der scheinbaren Geschwi
keit über Grund und der Flughohe in Verbindung mit besonderen Zeitmes
gen [z B Cinémo-Dérivomètre nach DUGIT und BADIN, Firma AERA, ahn
Geräte bauen die PIONEER INSTRUMENT Co in New York und H HU
& SON Ltd in London, der „Kurs- und Geschwindigkeitssucher" vo
BOYKOW[3] beruht auf dem gleichen Prinzip])

Alle diese indirekten Methoden kommen wegen ihrer Umständlic
bei Bildflugen nicht in Betracht

Der neue Grundgeschwindigkeitsmesser nach R HUGERSHOFF gesta
die Abstande benachbarter Flugbahnen unmittelbar zu messen beim Eins
der Kursänderung um 90° — nach Beendigung einer Streifenaufnahme —
man das Zählwerk des Wegmessers ab und gibt das Zeichen zum Einschwe

[1] W BASSE, a a. O

[2] Die im Handel befindlichen Vorrichtungen zur Messung der Flugzeuggesc
digkeit relativ zum Wind (Staudruckmesser, wie das „Luft-Logg" der PIO
INSTRUMENT Co, New York, oder Windräder mit Tourenzähler) werden oft fälsc
als „Grundgeschwindigkeitsmesser" bezeichnet

[3] Probleme der terrestr Navigation im Luftfahrzeug in Arb z Luftnavig
herausgeg v Navig-Ausschuß der Wissenschaftl Ges f Luftfahrt, München
Berlin 1927

len neuen Streifen, sobald das Zählwerk die Zurucklegung des vorgeschriebenen standes anzeigt An die Stelle der Ablesung des Abstandes kann die Aufohnung der gesamten Flugbahn treten, wenn man den ebenfalls von R HUGERS-FF angegebenen „Flugwegzeichner" (S 239) benutzt

Über die Hilfsmittel zur Einhaltung der vorgeschriebenen Längsüber-ıkung der Folgebilder innerhalb eines Streifens — die Benutzung einer Stopp-ι in Verbindung mit einer bisher nur schätzungsweise möglichen Bestimmung Grundgeschwindigkeit ist auch bei Verwendung von Handkammern ver-et — siehe S 237ff

62. Höhenmessung. Die Erreichung einer vorgeschriebenen mittleren ıtiven und damit auch einer bestimmten, aus der Summe der Meereshöhe ı Geländes und der relativen Höhe sich ergebenden absoluten Flughöhe wird allgemeinen mittels Federbarometers festgestellt, dessen Skala für die liegende Aufgabe meist unmittelbar nach Metern über dem Meere beziffert Da aus meteorologischen Gründen der Luftdruck in der gleichen absoluten he beträchtlichen Schwankungen terworfen ist, die sich in Hohenlern von oft mehr als hundert tern auswirken können, so stellt n die drehbar angeordnete Höhenlung vor dem Start so ein, daß Zeiger die Meereshöhe des Starttzes angibt

Abb 253 Federbarometer mit Kompensation der Erschütterungs- und Beschleunigungseinflüsse (Firma C P GOERZ)

Für die auf S 198ff geschilderten, ı Festpunkten im Gelande ausıenden Methoden zur Orientierung ı Einzelaufnahmen und Bildpaaren eine genaue Kenntnis der absolu-Aufnahmehohe nicht erforderlich, hl aber kann bei der Durchfuhrung er Aerotriangulation die Kenntnis ser Höhe ein wertvolles Hilfsmittel zur Sicherung des Ergebnisses und zur ıgerung der Reichweite des Verfahrens sein Die Voraussetzung hierfür allerdings zunächst die konstruktive Anpassung des Federbarometers an besonderen Verhältnisse während des Fluges[1] Ein Federbarometer ist Flugzeug außer starken Temperaturänderungen, die sich in bekannter ıse fast vollkommen kompensieren lassen, in besonderem Maße einerseits n Einfluß starker Erschutterungen bzw störender Beschleunigungen und lerseits dem Einfluß elastischer Nachwirkungen unterworfen Die ersteren sen sich in der in Abb 253 schematisch angedeuteten, von der Firma C P ERZ eingeführten Weise dadurch ausschalten, daß die Übertragungshebel h bezug auf ihre Drehpunkte symmetrisch ausgebildet sind und daß die ebenfalls nmetrisch liegenden Druckdosen B von verschiedenen Seiten angreifen se Konstruktion zeigt ubrigens bei der Verwendung im Flugzeug nur geringe chwirkungserscheinungen, sie folgt also rasch den auftretenden Druckschwanıgen Eine fast restlose Beseitigung der Nachwirkung gewahrleistet eine von BENNEWITZ angegebene und ebenfalls von der Firma C P GOERZ verwendete nstruktion (Abb 254) Die beiden in entgegengesetzter Richtung wirkenden uckdosen B_1 und B_2 sind durch Verwendung geeigneten Materials und zweck-

[1] W MEISSNER, Entfernungs- und Höhenmessung in d Luftfahrt Braunschweig '2, E EVERLING und H KOPPE, ZS d Ver deutsch Ing 66, 1922, S 322

mäßige Abmessungen auf nahezu gleiche lineare Größe der Nachwirkung geb
Zur Eliminierung des Restes wird der Drehpunkt P des Hebels h so versc
(und dann festgestellt), daß die beiden Arme dieses Hebels sich wie die Dosen
infolge der Nachwirkungsreste verhalten Dementsprechend erfahrt der
punkt P durch die elastische Nachwirkung keine Verlagerung, wohl abei
eine solche Verlagerung — und damit eine Drehung des Zeigers Z —
Luftdruckanderung ein, die sich an B_2 stärker auswirkt als an B_1

Wichtiger noch als die genaue Feststellung der absoluten Aufnahm
ware für die Triangulation die Einhaltung einer bestimmten Aufnahm
oder mindestens die Moglichkeit zur exakten Feststellung ihrer Änderun
Aufnahme zu Aufnahme Ein geeignetes Gerat hierfur ist das in der
technik bereits bewährte Statoskop,[1] das in seiner einfachsten For
wesentlichen ein Federbarometer ist, in dessen Druckdose die Auß
durch eine verschließbare Öffnung eintreten kann Verschließt man di
nung in einer bestimmten Höhe, so wird, da Außen- und Innendruck zur
gleich sind, der Zeiger in seiner Nullstellung so lange verharren, als die g

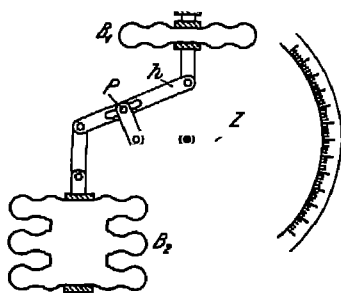



Abb 254 Federbarometer mit Kompensation der elastischen Nachwirkung (nach K Bennewitz)

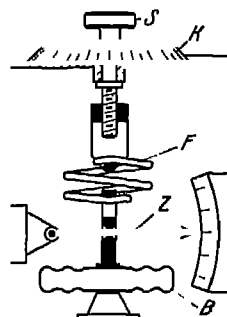



Abb 255 Konstruktionsschema ei Statoskops (Askania-Werke)

erreichte Druckschicht nicht verlassen wird, jedes Steigen oder Falle
wirkt eine entsprechende Zeigerdrehung Aus bestimmten physikali
Gründen ist die in Abb 255 schematisch dargestellte, allerdings kc
ziertere Konstruktion (Askania-Werke in Berlin-Friedenau) vorzuziehen
Spannfeder F hebt die Druckdose B so, daß ein auf letzterer ruhender Zei
auf den Nullpunkt einer Skala einspielt Jede Luftdruckanderung bewirkt
Ausschlag des Zeigers, der durch Drehung der Schraube S, die die Federspai
ändert, wieder in seine Nullstellung gebracht werden kann Die jeweilige Sc
benstellung ist offenbar ein Maß für den Luftdruck, der an dem Teilkreis K
lesen ist Bringt man also nach Erreichung einer vorgeschriebenen Hohe den Z
in die Nullstellung, so ermöglicht die Beobachtung des Zeigers die Einhal

[1] Ein Variometer ist ein Federbarometer, dessen Druckdose dauernd
zwar durch eine Kapillare) mit der Außenluft in Verbindung steht Hier wir
Höhenänderung ebenfalls durch einen Zeigerausschlag angegeben, dessen Größ
von der Geschwindigkeit der Druck bzw Hohenänderung abhängt Das I
ment kommt, da es auf allmähliche Höhenänderungen nicht anspricht, für de
liegenden Zweck nicht in Frage

[2] Dabei ist vorausgesetzt, daß der allgemeine Luftdruck keiner zeitlichen
lokalen Änderung unterliegt, die Elimination dieser Änderungen könnte in der üb
Weise durch Verwendung je eines Barographen im Flugzeug und inmitten des A
gebietes erfolgen

vorgeschriebenen Höhe oder aber die Messung der eintretenden Flug-
iendifferenzen, und zwar mit großer Genauigkeit, da die Hubbewegungen
Dose in starker Vergrößerung in Erscheinung treten

In Verbindung mit genauen Messungen der absoluten Hohe könnte auch
unmittelbare und exakte Bestimmung relativer Hohen unter Umständen
der aerophotogrammetrischen Erschließung von Neuländern wesentliche
fe leisten Relative Höhenmessungen sind zur Bestimmung der Flugge-
windigkeit über Grund jedenfalls erforderlich Von den verschiedenen theo-
sch möglichen Verfahren[1] zur direkten Bestimmung der relativen Flughöhe
zurzeit nur die Echo-Lotung, und zwar mit dem von A Behm (Kiel) an-
ebenen „Luftlot" praktisch erprobt[2] Seine Konstruktion ist schematisch
Abb 256 wiedergegeben Eine um eine horizontale Achse drehbare Schwung-
eibe S tragt eine Nase N, die von dem Elektromagneten M_1 (Stromkreis I)
ezogen wird, wobei sich die Blattfeder F spannt In dieser Stellung wird
von der Lichtquelle L beleuchteter Spalt über den auf der Schwungscheibe
estigten Spiegel Sp auf dem Nullpunkt einer
la Sk abgebildet Ein bei P geloster Schuß
kt auf das in den Stromkreis I eingeschaltete
gangsmikrophon Mi_1 und schwacht damit
Strom, so daß M_1 die Nase N freigibt und
Schwungrad unter der Einwirkung von F
i Laufen kommt Dabei wandert das Spalt-
entlang der Skala bis zum Eintreffen des
ios, das die Weiterdrehung der Schwung-
ibe durch die federnde Bremse Br hemmt
Auslösung der Bremse geschieht in ähn-
er Weise wie die Ingangsetzung der Schwung-
ibe die Bremse liegt im allgemeinen am
tromagneten M_2 mit dem Stromkreis II,
en das Empfangsmikrophon Mi_2 eingeschaltet
Die Bremse wird durch die vom Echo be
kte Stromschwachung freigegeben[3] Der vom Spaltbild zuruckgelegte Weg
bei konstanter Schallgeschwindigkeit proportional der Hohe über Grund,
h der die Skala unmittelbar beziffert ist Die Genauigkeit des Behmschen
ätes ist sehr groß, sie kann mit $1^0/_{00}$ der Flughöhe veranschlagt werden

Abb 256 Konstruktionsschema des „Luftlotes" nach A Behm

63. Richtungsweisung und Abtriftbestimmung. Das wichtigste Gerät zur
suchung und vor allem zur Einhaltung einer vorgeschriebenen Richtung
achst der Längsachse des Flugzeuges ist der Kompaß Am gebrauchlichsten
zurzeit noch der Magnetkompaß Im Flugzeug[4] soll ein Kompaß mit
ner Nadel verwendet werden, die von den in der Nähe befindlichen Eisen-
sen weniger beeinflußt wird, diese Eisenmassen müssen zudem durch kleine
smagneten kompensiert werden Die Schwingungsdauer der Nadel soll
lichst gering sein, durch geeignete Aufhängung der Nadel in einer Flüssig

[1] H Koppe, Die Höhenmessung in der Luftnavigation in Arb z Luftnavigierung,
chen und Berlin 1927

[2] E Schreiber, Prüfung und Abnahme von Echoloten, Bericht F 15/5 der
sch Versuchsanstalt f Luftfahrt, Berlin 1929

[3] Über weitere technische Einzelheiten, wie z B die Ausschaltung des Empfangs-
rophones beim Abgang des Schalles, vgl A Behm, Ann d Hydrographie 50,
!, S 289 Eine andere Art der Ablesung beschreibt H Koppe a a O

[4] K Wegener, Die Führung d Flugzeuges in Moedebecks Taschenb f Flug-
niker u Luftschiffer, Berlin 1923

keit (meist Glycerin) wird bewirkt, daß die Eigenschwingungen rasch verklingen Der Kompaß ist fest zu montieren, eine cardanische Aufhängung bringt die Nadel zum Pendeln, auch ist zu beachten, daß die Nadel in scharfen Kurven ihre Richtkraft verliert Geeignete Instrumente liefern in Deutschland die Firma W Ludolph A -G in Bremerhaven und die Askania-Werke in Berlin

Erleichtert wird die Kurshaltung bei Verwendung eines Fernkompasses, bei dem der eigentliche Kompaß weitab von störenden Eisenmassen etwa im Schwanze des Flugzeugs untergebracht ist, vor dem Piloten befindet sich ein Richtungszeiger, dessen Ausschläge genau denen der Magnetnadel gegen einen vorgeschriebenen Kurs entsprechen Die Verbindung von Kompaß und Zeiger geschieht bei einer von den Askania-Werken gelieferten Konstruktion pneumatisch, indem eine auf der Magnetnadel angebrachte und von ihr gedrehte exzentrische Scheibe zwei Luftströme beeinflußt, die saugend, bzw drückend auf eine den Zeiger betätigende Membran wirken

Abb 257 Schematischer Vertikalschnitt durch einen Einkreiselkompaß nach Anschütz

Dem Magnetkompaß in verschiedener Beziehung überlegen ist der Erdinduktionskompaß der Pioneer Instrument Co in New York Seine Wirkungsweise beruht auf dem Einfluß des magnetischen Erdfeldes auf einen im Flugzeug eingebauten Generator Der Einfluß ändert sich mit veränderter Lage des Generators und damit des Flugzeugs zu den Kraftlinien der Erdfeldes, die dadurch erzeugten Stromschwankungen sind eine Funktion des jeweils gesteuerten magnetischen Azimuts, das nun an einem entsprechend bezifferten Galvanometer unmittelbar abgelesen werden kann Man erkennt, daß hier auf einfachste Weise eine Fernübertragung, und zwar gleichzeitig zum Piloten und zum Beobachter möglich ist

In Gebieten mit unbekannter oder lokal stark veränderlicher magnetischer Mißweisung kann die Verwendung eines Kreiselkompasses[1] vorteilhaft werden Ein solcher besteht in seiner einfachsten Form (Einkreiselkompaß nach N Anschütz, Abb 257) aus zwei Teilen, dem Hängesystem und dem Schwimmsystem Das erstere ist im wesentlichen eine ringförmige, oben teilweise geschlossene und cardanisch aufgehängte Rinne, der „Kompaßkessel" K Dem mit Quecksilber gefüllten Kessel ist eine Glasplatte aufgesetzt, in deren Zentrum sich die Pinne P, bzw die Hülse H befindet Das Schwimmsystem besteht aus dem ringförmigen Schwimmer S, der Kompaßrose Ro und der aus Nickelstahl gefertigten Kreiselkappe Q Die schwimmende Rose wird durch die Pinne P zentriert, die Ablesung ihrer Teilung erfolgt am Index J, dem „Steuerstrich" Der eigentliche Kreisel oder „Rotor" R, der um die horizontale Achse A rotiert, besteht aus einem Nickelstahlschwungring und darin eingepreßten Kupferstäben, er stellt den Kurzschlußanker eines Drehstrommotors von 20000 Umdrehungen in der Minute dar Der Kreisel wird durch den in der Kreiselkappe Q fest eingebauten „Stator" St des Elektromotors in Bewegung gesetzt Seine

[1] H Meldau, Kleines Kreiselkompaß-Lexikon, Hamburg 1922

eicheisenkerne werden durch Wechselströme magnetisiert, die durch die Pinne P, e Hülse H und die Kappe Q eintreten

Außer den die Richtungsänderungen und absoluten Richtungen anzeigenden ompassen gibt es noch solche Instrumente, die nur Richtungsänderungen igeben, die sogenannten Wendezeiger Sie beruhen meist darauf, daß in r Kurve die Windgeschwindigkeit an den beiden Flugelenden eine Differenz igt, die eine Funktion der Richtungsanderung ist Die Windgeschwindigkeit, w der Winddruck kann durch zwei Propeller oder Schalenkreuze (Fernüberagung durch Tachometer oder — bei Zwischenschaltung eines Generators — irch Voltmesser) oder durch zwei Staudruckmesser (Pitotröhren) bestimmt erden, im letzteren Falle erfolgt die Übertragung durch Schlauchleitungen if zwei Manometer In der Praxis werden meist Kreiselgeräte vorgezogen Die einer Vertikalebene winkelrecht zur Langsachse des Flugzeuges angeordnete id in dieser Ebene bewegliche Achse eines Kreisels ist beim Geradeausflug rallel zu den Tragdecks, in einer Kurve dagegen wird wegen der Schieflage s Flugzeuges die Kreiselachse mit den Tragdecks einen inkel bilden, der ebenfalls die Richtungsänderungen ihtig angibt, vorausgesetzt allerdings, daß das Flugzeug ichtig" liegt, was dann der Fall ist, wenn ein einfaches ndel seine Nullage nicht verläßt[1] Derartige Kreisel erden mit elektrischem Antrieb von F DREXLER (Steuerіger) gebaut, windangetriebene Kreisel (turbinenartige isbildung des Kreiselkörpers) liefern u a die ASKANIAERKE in Berlin (Wende-Zeiger)

Abb 258 Schema eines Abtriftmessers

Es wurde schon darauf hingewiesen, daß bei Hin- und ickflugen die Einhaltung desselben Kompaßkurses, bzw nes um 180° verschiedenen Wertes nicht genügt, um rallele Flugbahnen zu erhalten, falls Seitenwind auftritt ıbei werden die Flugbahnen sogar gekrümmte Linien, nn die Windstarke und damit die Abtrift sich andert ie Abtrift muß also gemessen und durch entsprechende ıderung des Steuerkurses berücksichtigt werden Ein Abtriftmesser beeht in seiner einfachsten Form aus einem Zielfaden F (Abb 258), der auf iem wagrechten, in seiner Ebene verdrehbaren Kreisring R angebracht , Der Kreisring selbst wird in geeigneter Weise über einem Bodenloch im umpf befestigt Beobachtet man von einem festen, senkrecht uber F liegenden inkt aus durch den Kreisring hindurch die unter dem Flugzeug hinziehende indschaft und dreht dabei den Kreisring so, daß der Zielfaden parallel zur Zughtung des Gelandes wird, so läßt sich der augenblickliche Abtriftwinkel an ıer Gradteilung des Kreisringes unmittelbar ablesen An Stelle dieser einfachen eleinrichtung verwendet man zweckmaßiger einen kammerartigen Bildsucher, ssen Objektiv auf der drehbaren, mit einem System von parallelen Linien rsehenen wagrechten Mattscheibe ein Bild der voruberziehenden Landschaft twirft Hier ist die Beobachtung unabhangig von einer bestimmten Stellung s Auges

Ein solcher Bildsucher ist zur Verhinderung einer diagonalen Überdeckung r Folgebilder notwendig auch an der Aufnahmekammer anzubringen (vgl ɔb 174 und 186), die Ziellinien des Bildsuchers werden hier durch Drehung r Kammer mit der Zugrichtung in Übereinstimmung gebracht

[1] E EVERLING, Neigungsmesser und Wendezeiger für Flugzeuge, Arbeiten z iftnavigierung, Berlin 1927

Zum gradlinigen Anfliegen eines fernen Zielpunktes bei beliebig wechselnde Stärke des Seitenwindes hat H. BOYKOW ein Zielfernrohr konstruiert, das i Abb. 259 durch einen schematischen Vertikalschnitt dargestellt ist. Die hor zontale Zielachse H des Fernrohres mit dem Objektiv O_1 und dem Okular O kann um die vertikale Achse V verschwenkt werden. In diese Achse ist da Objektiv O_2 eines Abtriftmessers eingebaut. Beide Objektive haben eine ge meinsame Bildebene B, s daß man bei zunächst zu Längsachse des Flugzeuge parallelem Fernrohr u oberen Teil des Gesichts feldes des Okulars eine Fernpunkt Z einsteller bzw. ansteuern kann un gleichzeitig im untere Teil die senkrecht unte dem Beobachter befindliche Landschaft erblickt (Lage A in der nur schematische Abb. 260). Die Landschaft wird sich parallel zu den in der unteren Gesichts feldhälfte angebrachten Linien bewegen, wenn keine Abtrift vorhanden is Anderenfalls (Lage B in Abb. 260) dreht man das Fernrohr im horizontale Sinne, bis die Zugrichtung parallel den Zielfäde wird, und bringt den Fernpunkt Z durch ent sprechende Kursänderung (Lage C in Abb. 260 erneut an den mittle ren Zielfaden.

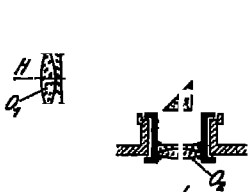



Abb. 259. Zielfernrohr nach H. BOYKOW zur Einhaltung einer vorgeschriebenen Flugbahn.

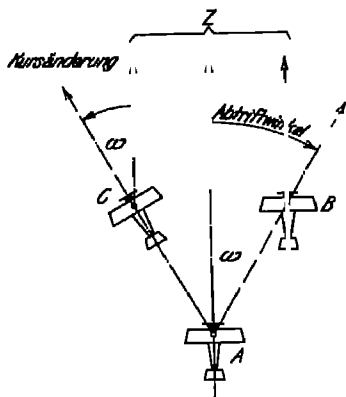



Abb. 260. Wirkungsweise des BOYKOWschen Zielfernrohres.

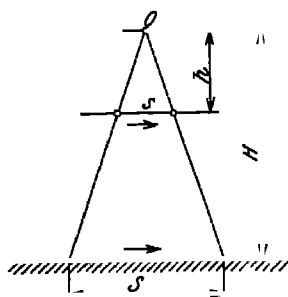



Abb. 261. Messung der Geschwindigkeit über Grund.

64. Geschwindigkeitsmessung und Überdeckungsregelung. Di bisher bei Luftbildauf nahmen gelegentlic angewandte rechner sche Methode zur Be stimmung der Ge schwindigkeit übe Grund besteht darin daß man unter Be nutzung eines Abtrift messers (Abb. 258) di Zeit t^{sec} mißt, die ein beliebiger Geländepunkt braucht, um eine durch Quer fäden abgegrenzte Strecke s auf dem Zielfaden zu durchlaufen. Bezeichne man den Abstand des Augpunktes O (Abb. 261) vom Zielfaden mit h und di Flughöhe über Grund mit H, so gilt für die vom Flugzeug in t^{sec} überflogen Strecke S

$$S = s\,\frac{H}{h} \qquad (1$$

woraus für die Grundgeschwindigkeit V folgt

$$V = s\,\frac{H}{h}\,\frac{1}{t}$$

Macht man den Abstand h veränderlich und regelt ihn nach Feststellung von H (s. S. 231) so, daß z. B. $h = \frac{H}{10000}$, während $s = 0{,}1$ m sei, so erhält ma

$$V = \frac{1000}{t}$$

s wurde schon auf S 224 darauf hingewiesen, daß man heute die Grundgehwindigkeit zur Überdeckungsreglung in der Flugrichtung nicht ehr verwendet, man benutzt hiezu vielmehr den oben erwähnten an der Kammer igebrachten Abtriftregler, auf dessen Zielfaden zwei Querstriche in einem solchen bstand b angebracht sind, daß dieser Abstand dem Bilde der Aufnahmebasis B 'lugweg zwischen aufeinander folgenden Bildern bei l% Langsüberdeckung) itspricht Beobachtet man im Augenblick der Belichtung der ersten Aufihme einen zufällig am ersten Querstrich befindlichen Geländepunkt, so ist e Belichtung der zweiten Aufnahme dann auszuführen, wenn der gleiche eländepunkt am zweiten Querstrich erscheint Fur die Meßstrecke b gilt zuichst

$$b = B \frac{h}{H},$$

araus in Verbindung mit Gleichung (5) von S 224 folgt

$$b = s_l \frac{100 - l}{100} \frac{h}{f} \tag{2}$$

Diese optische an Handkammern verwendete Überdeckungsregelung ist iabhängig von der Flughöhe und erfordert keine Zeitmessung, sie hat außerm den Vorteil, daß sie sich mit einer einfachen Abänderung zur mechanischen eguliierung der Aufnahmegeschwindigkeit von Reihenbildnern verwenden läßt ie Abanderung besteht darin, daß man langs des Zielfadens (Abb 258) eine arke wandern läßt, und zwar mit der gleichen (scheinbaren) Geschwindigkeit, it der das Gelände durch das Gesichtsfeld des Abtriftmessers zieht Man hat ibei nur dafür zu sorgen, daß die Verschlußauslösung immer dann erfolgt, wenn e Marke die Strecke b zurückgelegt hat Statt einer einzigen Marke verwendet in zweckmäßig eine Reihe von fest miteinander verbundenen Marken Dertige Überdeckungsregler wurden bereits vor 1918 in Verbindung mit dem MESSTERschen Reihenbildner benutzt Die wandernden Marken hatten hier ist die Form von gleichabstandigen, winkelrecht zum Zielfaden angeordneten aben Die Firma CARL ZEISS verwendet gleichabständige Spitzen an der ripherie einer Kreisscheibe, deren Durchmesser im Verhältnis zum Gesichtsd des Abtriftmessers so groß ist, daß die Abweichung der Spitzenbahn von der raden Zugbahn des Geländes wenig in Erscheinung tritt R HUGERSHOFF ßt im Bildfeld des Sucherobjektivs einen Zylinder rotieren, auf dem eine ihraubenlinie von der Ganghöhe b aufgetragen ist Der Zylinder ist gekuppelt it dem Antriebsmechanismus des Reihenbildners, dessen Geschwindigkeit reguliert wird, daß sich Schraubenlinie und Gelände mit gleicher Geschwindigit durch das Sucherfeld bewegen Nach je einer Umdrehung des Zylinders erschiebung eines beliebigen Punktes der Schraubenlinie um die Strecke b) folgt die Auslosung des Verschlusses

Die Strecke b [vgl Gleichung (2) oben] ist abhangig vom Überdeckungsverltnis Sollen verschiedene Überdeckungsverhaltnisse verwendet werden, ist bei der MESSTERschen und der ZEISSschen Einrichtung die Einschaltung n besonderen Wechselgetrieben zwischen Überdeckungsregler und Reihenldner erforderlich Bei Schraubenreglern geschieht dies einfach durch Auschslung des Schraubenzylinders oder durch Verwendung von Schrauben mit randerlicher Ganghöhe Eine Einrichtung der letzteren Art[1] ist in Abb 262 m Teil im Vertikalschnitt, zum Teil in der Draufsicht dargestellt Das Obktiv O mit der Brennweite h der am Reihenbildner befestigten Sucherkammer K

[1] R HUGERSHOFF, D R P angem

entwirft ein Bild des Geländes auf der Mattscheibe M, in deren Ebene die Achse des Zylinders Z liegt Letzterer ist durch das Kegelradgetriebe G zwangläufig mit dem Antriebsmechanismus des Reihenbildners verbunden, wird also durch diesen in Rotation versetzt An dieser Rotation nimmt eine Drahtspirale Sp teil, von der ein Ende a unmittelbar am Zylinder befestigt ist, wahrend das andere Ende e in einem Gleitring R_1 sitzt, der durch Nut und Feder mit dem Zylinder in Verbindung steht Der Gleitring kann durch den Stellring R_2 verschoben und durch die Klemmschraube S festgestellt werden Jede Verschiebung von R_2 entspricht einer Änderung der Ganghöhe der Spirale und damit einer Änderung des Überdeckungsverhaltnisses, dessen jeweilige Größe mittels des Index J an der Teilung T unmittelbar abgelesen werden kann Der Reihenbildner ist dabei durch Drehung um seine (vertikale) optische Achse so einzustellen (Abb 186), daß die Zugrichtung des Gelandes parallel zu den Mantellinien des Zylinders Z wird

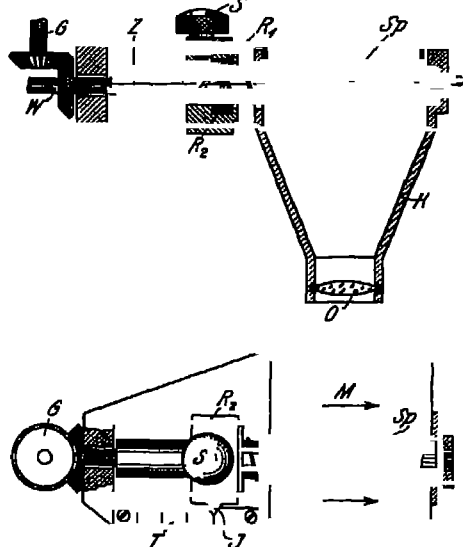



Abb 262 Schematische Darstellung des Grundgeschwindigkeitsmessers nach R Hugershoff

Die eben beschriebene Konstruktion bildet einen Bestandteil des von R Hugershoff angegebenen mechanischen Grundgeschwindigkeitsmessers,[1] mit dem zum ersten Male die Aufgabe gelöst ist, am Zeiger eines — ähnlich dem an Kraftwagen verwendeten — Tachometers die Grundgeschwindigkeit und an einem Zählwerk die uber Grund zu ruckgelegte Flugstrecke unmittelbar abzulesen Zwischen der scheinbaren Geschwindigkeit v, mit der sich das Bild des Gelandes durch das Sucherfeld des Abtriftmessers bzw Überdeckungsreglers bewegt und der tatsächlichen Geschwindigkeit V uber Grund besteht, entsprechend der Gleichung (1) auf S 236, die Beziehung

$$V = v \frac{H}{h} \qquad (3)$$

Verbindet man also die Welle W des Zylinders Z (Abb 262, oben) mit einem der gebrauchlichen Tachometer, so kann man beispielsweise für die Flughöhe $H = 1000$ m durch Zwischenschaltung einer geeigneten Übersetzung erreichen, daß das Tachometer unmittelbar die Geschwindigkeit uber Grund anzeigt, da ja die Umdrehungsgeschwindigkeit der Zylinderwelle, die mit Hilfe der Schraubenlinie der scheinbaren Geschwindigkeit angepaßt wurde, dieser scheinbaren Geschwindigkeit proportional ist Hat das Flugzeug in der doppelten Höhe uber Grund die gleiche Grundgeschwindigkeit V, so wird hier die scheinbare Geschwindigkeit nur noch halb so groß sein Die zur Einstellung der scheinbaren Geschwindigkeit dienende Schraubenlinie darf sich jetzt nur noch halb so schnell vorwarts bewegen als in $H = 1000$ m, wobei aber die Rotationsgeschwindigkeit der das Tachometer antreibenden Zylinderwelle unverandert beibehalten werden muß Das kann auf zweifache Weise geschehen durch Änderung der Ganghohe der Schraubenlinie, die mit wachsender Flughöhe kleiner werden muß, oder durch Änderung des Abstandes h, im vorliegenden Falle also durch Verwendung

[1] R Hugershoff, Bildmess u Luftbildwes 3, 1920, S 24 und D R P angem

ın Objektıven mit verschiedener Brennweite, wobei bei größeren Flughöhen e größeren Brennweiten zu verwenden sind Wurde man also in dem ıen angeführten Beiıel nach dem Aufıeg von $H = 1000$ auf $= 2000$ m statt des ın ır ersten Höhe verındeten Objektıvs von ır Brennweite h ein lches von der Brennıte $2\,h$ benutzen, so ürde das Gelandebild eselbe scheinbare Gehwindigkeit zeigen wie der ersten Höhe us praktischen Grunın haben bei der endıltıgen Ausfuhrungsrm (Abb 263) des rundgeschwindigkeitsessers (Fabrikation G EYDE G m b H, Verıeb AEROTOPOGRAPH m b H ın Dresden) ıde Möglichkeiten zur genseitigen Anpassung n Marken- und Bildgeschwindigıt bei wechselnder Flughöhe Verndung gefunden Der Suchermmer konnen wahlweise vier ɔjektive vorgeschaltet werden, e den mittleren Flughöhen $= 1000, 2000, 3000$ und 4000 m tsprechen Die Abweichungen ın diesen Flughohen (je ± 500 m) ırden durch Verstellung des ınges R_2 (Abb 262) berucksichgt, dessen Index J auf Teilunn T gleitet, die gemaß der Flugıhendifferenz beziffert sind Ein sonderer Vorzug des Gerates gt darin, daß die kontinuierliche ıpassung an die Höhenanderunn ohne Friktionsgetriebe, also ıllıg zwanglaufig geschieht

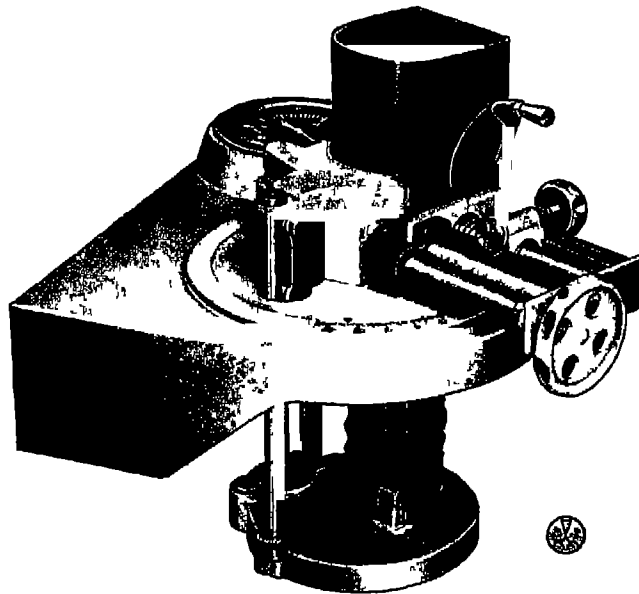



Abb 263 Grundgeschwindigkeits- und Flugwegmesser nach R HUGERSHOFF

Abb 264 Konstruktionsschema des Flugwegzeichners nach R HUGERSHOFF

65. Flugwegzeichner Die onstruktion eines den Flugweg echanisch aufzeichnenden ɔrates setzt das Vorhandensein ıes mechanisch wirksamen Grundgeschwindigkeitsmessers, und zwar eines lchen voraus, bei dem die Grundgeschwindigkeit als Rotationsgeschwindigkeit ıer Welle (W ın Abb 262) ın Erscheinung tritt R HUGERSHOFF hat seinen eben

beschriebenen Grundgeschwindigkeitsmesser, der diese Forderung erfüllt, da durch zu einem automatischen Wegzeichner ausgebaut, daß er die von de Abtriebswelle W entnommene Grundgeschwindigkeit V, die im astronomische Azimut A wirksam sein mag, in ihre Komponenten in bezug auf den astronc mischen Meridian und die Winkelrechte dazu zerlegt, also so, daß je ein weitere Welle W_x und W_y (Abb 264) die Rotationsgeschwindigkeit

$$V_x = V \cos A$$

bzw

$$V_y = V \sin A$$

aufweist Beide Wellen wirken mittels einer Kreuzschlittenführung gleichzeiti auf einen Zeichenstift St (Abb 265), so daß der von ihm auf einer Zeichenfläch beschriebene Weg mit der Geschwindigkeit

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

zurückgelegt wird Die Wegaufzeichnung erfolgt dabei durch ein zwischenge schaltetes Wechselgetriebe wahlweise im Maß stab 1 5000 oder 1 50000

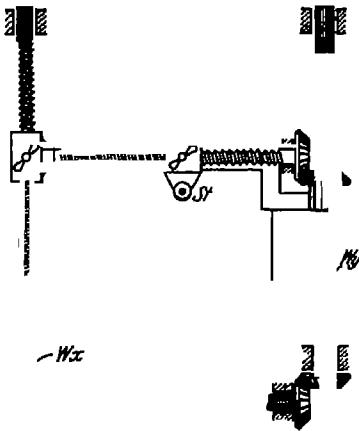



Abb 265 Zeichenvorrichtung zum Flugwegzeichner

Von Interesse ist hier die Zerlegung de Abtriebsgeschwindigkeit V in ihre beiden Kom ponenten Sie geschieht (Abb 264) in folgen der[1] Weise Die Abtriebswelle W wirkt mittel des Kegelrades K_1 gleichzeitig auf die beide Staffelwalzen (vgl die Filmwechselkassette nac R. HUGERSHOFF, Abb 142) a und b, und mit tels des Kegelrades K_2 auf die Staffelwalzen und d Das untere Walzenpaar dreht sic rechtsläufig, wenn sich das obere Paar links läufig dreht Die Länge der einzelnen Staffel ist so bemessen, daß die Verbindungslinie ihre Endpunkte in der Abwicklung des Walzenman tels dem Schaubild der Sinus- bzw Cosinus funktion von 0° bis 90° entspricht Die Staffel walzen übertragen nun ihre Rotationswege soweit dies durch das Vorhandensein vo Staffeln ermöglicht wird, mittels der auf de Nutenwellen x und y verschiebbaren Stirnräder S_1 und S_2 unmittelbar au die Komponentenwellen W_x und W_y Die Verschiebung der Stirnräder ge schieht durch Rotation der Nutenwellen N_1 und N_2, die mit Gegenwinde versehen sind, so daß die Mitnehmer M_1 und M_2 selbsttätig umkehren, wen sie an den Enden der Nutenwellen N_1 bzw N_2 angekommen sind Die letztere werden mittels des Handrades H gleichzeitig angetrieben, mit diesem Antrie ist das Kompaßgehäuse (oder ein mit Index versehener Ring desselben) durc Schnecke und Schneckenrad so gekuppelt, daß der bei einer Drehung de Index um 180° von den Mitnehmern M_1 bzw M_2 zurückgelegte Weg gleic der Gesamtlänge der beiden koaxialen Walzen b und d bzw a und c ist

Das Gerät ist im allgemeinen so justiert, daß sich der Mitnehmer M_1 an unteren Rand der Walze b und M_2 genau zwischen den Walzen a und c befinde wenn der Index des Kompaßgehäuses in die Längsachse des Flugzeuges zeig Der Bleistift (Abb 265) zeichnet jetzt eine Parallele zur x-Achse des Kreuz schlittens, die einer Nord-Südrichtung der Flugzeuglängsachse entspricht, wen

[1] Bei der ersten Ausführung des Gerätes, vgl R. HUGERSHOFF, Bildmess u Luftbildwes 4, 1929, S 24, wurde ein anderes Verfahren angewandt

Richtungszeiger Z des Kompasses (im allgemeinen die Magnetnadel) auf den
lex einspielt Steuert nun der Pilot genau Ostkurs, so wird die Nadel um 90°
n Index abweichen, dreht man diesen mittels des Handrades H zurück, so
3 er mit dem Richtungszeiger erneut koinzidiert, so gelangt M_1 auf die Spalte
ischen den Walzen b und d, während M_2 an das untere Ende der Walze a
nmt Demnach zeichnet der Bleistift jetzt eine zur ersten Bahnlinie Winkel-
hte nach rechts, er zeichnet also den jetzt eingeschlagenen Ostkurs auf

Bei Verwendung eines Magnetkompasses (S 233) kann der Index gegen-
er dem Kompaßgehäuse eine besondere Verdrehung entsprechend der herr-
enden Mißweisung erfahren, so daß die aufgezeichnete Richtung immer
n astronomischen Azimut zunächst der Flugzeuglangsachse entspricht,
ßerdem aber wird der Indexring entsprechend der herrschenden Abtrift
dreht, das geschieht zwangläufig durch eine Kuppelung des Indexringes mit
Abtriftscheibe (Abb 258) des Grundgeschwindigkeitsmessers Infolgedessen

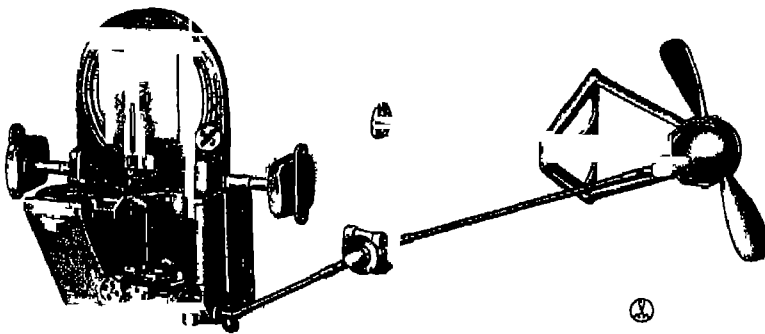



Abb 266 Ansicht des Flugwegzeichners nach R Hugershoff

spricht die aufgezeichnete Linie dem astronomischen Azimut der
igbahn

Die jetzige Ausfuhrungsform des Gerätes („Quo vadis“, Fabrikation
HEYDE, G m b H, Vertrieb AEROTOPOGRAPH G m b H in Dresden) zeigt
› 266 Es besteht aus Geschwindigkeitsmesser mit Abtriftregler, Kompaß,
ienmesser, Zeicheneinrichtung und regulierbarem Antriebsmotor Die
wendung fur Luftbildaufnahmen (Flachenaufnahmen) besteht darin, daß man
dem Fluge auf der Zeichenflache die parallelen Flugbahnen nach Lange
l Abstand im Kartierungsmaßstab des Wegzeichners auftragt Nach Er
hung der vorgeschriebenen Flughohe sucht man zweckmaßig die gunstigste
grichtung, d h (nahezu) die Richtung des herrschenden Windes, und zeichnet
Stuck der in dieser Richtung zufallig beflogenen Linie, die beispielsweise
t ostlich verlaufen mag Dann dreht man die auf einer Kreisscheibe ruhende
henflache, so daß die vorgezeichneten Parallelen ebenfalls west-ostlich
en und steuert das Arbeitsgebiet an geeigneter Stelle an Kurz vor Erreichung
Grenze bringt man den Bleistift (dessen Fuhrungsschlitten zu dem Zwecke
den Transportspindeln gelost werden konnen) auf den Anfangspunkt der in
ge kommenden Bahnlinie und setzt den Reihenbildner in Tätigkeit Der
otograph hat jetzt die Kammer entsprechend der (geringen) Abtrift zu drehen

und durch Regulierung der Geschwindigkeit des Reihenbildnerantriebes d wandernden Marken auf die Laufgeschwindigkeit des Landschaftsbildes z bringen Der Beobachter reguliert ebenfalls die Geschwindigkeit der in d Zugrichtung gestellten Markenreihe und halt den Richtungszeiger in Koinzider mit dem Kompaßindex Zeigt der Bleisti Abweichungen von der vorgeschriebene Richtung, so erhalt der Pilot die notwei digen Zeichen Am Ende des ersten Stre fens wird der Reihenbildner ausgeschalte und der Pilot sucht jetzt in einer möglich weiten Kurve die nachste Streifenlin zu erreichen Wahrend dieses Kurve fluges hat der Beobachter dauernd de Kompaßindex dem Richtungszeiger nacl zuführen und Abtrifts- und Geschwi digkeitsanderungen durch die entspreche den Stellschrauben zu kompensieren S bald der Bleistift anzeigt, daß die Flu bahn in die neue Streifenrichtung ei mundet, erhält der Pilot das Zeichen zu Wiederaufnahme des alten bzw um 18 geanderten Kurses und der Photogra die Anweisung zur Einschaltung d Reihenbildners

Abb 267 Propeller mit veränderlicher Flügelverwindung

Als Antriebsmittel fur die g schilderten Aufnahme und Orientierung gerate werden vielfach Elektromoto benutzt, die ihren Arbeitsstrom me von einem Generator mit Propellerantrieb, seltener aus Akkumulatoren bezieho Am einfachsten ist im allgemeinen der direkte, also rein mechanische Antri (Abb 266) mit Hilfe eines Propellers, dessen Tourenzahl durch Änderung d Flügelverwindung in weiten Grenzen geregelt werden kann Die Verwindu erfolgt, wie es in Abb 267 schematisch dargestellt ist, in leicht verstandlich Weise durch zwei geschrankte auf dem Ring R sitzende Zahnstangen Z_1 und Z die während des Betriebes verschoben werden konnen Das geschieht dur Drehung der Reglerwelle W_1, die eine Mutter M verschiebt Letztere nimmt d Ring R mit, der innerhalb der Mutter frei rotieren kann und dabei seine Dre bewegung mittels Nut und Feder auf die Abtriebswelle W_2 ubertragt

5019

Abb 268 Luftbildskizze (S 217), hergestellt nach Aufnahmen aus einem JUNKERS W 33 für die AEROKARTOGRAPHISCHES INSTITUT A.-G., Breslau. Man beachte die Wegversetzung z. B. in der SW-Ecke, hervorgerufen durch Höhenunterschiede und Neigung der Einzelaufnahmen

Abb 269 Luftbildplan (S 217), hergestellt nach den in Abb 268 wiedergegebenen Aufnahmen mit Entzerrungsgerät Abb 24, S 21, durch die Aerokartographisches Institut A.-G., Breslau

Maßstab 1:5000
100 m 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 m

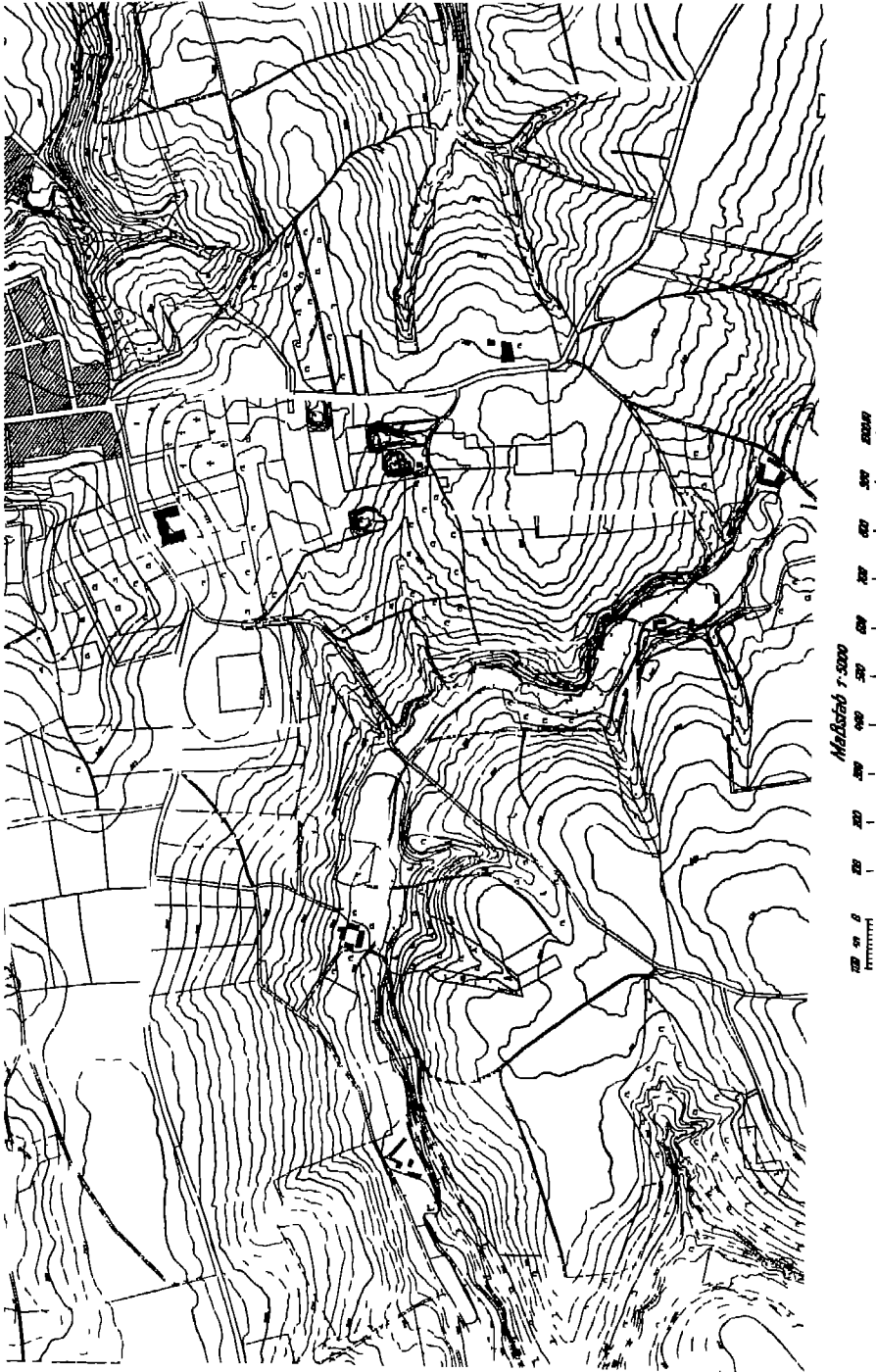



Abb 271 Lage- und Schichtenplan, hergestellt mit dem Aerokartographen (Abb 120, S 100) nach den in Abb 268 und 269 wiedergegebenen Aufnahmen

Namen- und Sachverzeichnis

Manzsche Buchdruckerei, Wien IX

Das photographische Meßverfahren — Photogrammetri
Von **Paul Seliger,** Berlin-Lichterfelde
I. Teil. Mit 36 Abbildungen (Beitrag aus „Ergebnisse der exakten Naturwiss schaften", Bd V) Gesamtumfang des Bandes IV, 324 Seiten 1926
Gesamtpreis des Bandes RM 21,—, geb RM 22

Inhaltsverzeichnis

Einleitung I Lineare Messungen Reproduktionen, Vermessung von Häus fronten, Aufnahmen aus der Luft mit senkrecht gerichteter Kameraachse, A nahmen aus der Luft mit geneigter Kameraachse, Umformung, Kartenberichtigu durch Aufnahmen aus der Luft II Dreiecksmessungen Die Vermessu körperlicher Gebilde, Photographische Winkelmessung, Berechnungen, Konstru tionen, Genauigkeit der photographischen Winkelmessung, Beispiele III Stere skopische Messungen Entwickelung, Allgemeine Beschreibung, Aufnah der Stereogramme, Auswertung der Stereogramme, Konstruktionen, Über die (nauigkeit, Charakteristische Beispiele IV Luftbildmessungen Rückwär einschnitt im Raume, Flugzeug-Meßkameras, Der Bildmeßtheodolit, Doppelpun bestimmung im Raume, Der Doppelprojektor, Der Autokartograph, Der Ster planigraph, Das Lufttopographische Verfahren der „Aerogeodätik", Schlußwo

Das photographische Meßverfahren — Photogrammetri
II. Teil. Mit 28 Abbildungen (Beitrag aus „Ergebnisse der exakten Naturwiss schaften", Bd VI) Gesamtumfang des Bandes IV, 378 Seiten 1927
Gesamtpreis des Bandes RM 24,—, geb RM 25,

Inhaltsverzeichnis

Vorwort. I Messungen an feststehenden Körpern Topographie Hochgebirge, Topographie im Mittelgebirge und Flachlande, Forschungs- u Kolonialtopographie, Katasteraufnahmen, Ingenieuraufnahmen, Planung, Pho graphische Pläne, Architektur, Kriminalistik, Reliefs II Messungen an l weglichen Körpern Astronomie, Meereswellen, Meteorologie, Ballist III Medizin und Anatomie IV Schule und Unterricht Schlu wort

Geodäsie. (Carl Friedrich Gauß' Werke Herausgegeben von der Gesellschaft (Wissenschaften zu Göttingen Bd IX) 528 Seiten 1903 RM 53

Über die geodätischen Arbeiten von Gauß. Von A **Galle.** (C Friedrich Gauß' Werke, Bd. XI, Abteilung 2, Abhandlung 1) 165 Seiten 19
RM 17

Topographie. Leitfaden für das topographische Aufnehmen V Prof Dr-Ing **P. Werkmeister,** Dresden Mit 136 Textabbildungen VI, 163 Seit 1930
RM 10,50, geb RM 12

Vermessungskunde. Von Prof Dr Ing **Martin Näbauer,** Karlsruhe (Ha bibliothek für Bauingenieure, I Teil, 4 Band) Mit 344 Textabbildungen 338 Seiten 1922
Geb RM 11

Lehrbuch der Markscheidekunde. Von Dr phil **P. Wilski,** o Profes der Markscheidekunde an der Technischen Hochschule zu Aachen
Erster Teil Mit 131 Abbildungen im Text, einer mehrfarbigen und 27 schwarz Tafeln VIII, 252 Seiten 1929
Geb RM 26